

**“VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MANEJO DE  
NUTRIENTES POR SITIO ESPECÍFICO EN EL CULTIVO DE  
MAÍZ (*Zea mays* L.) EN CHAZO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

**VERÓNICA ELIZABETH CHÁVEZ QUISHPE**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2015**

EL TRIBUNAL DE TESIS CERTIFICA, que el trabajo de investigación titulado:  
**“VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MANEJO DE NUTRIENTES  
POR SITIO ESPECÍFICO EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN  
CHAZO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**, de responsabilidad de la Srta.  
Egresada Verónica Elizabeth Chávez Quishpe, ha sido prolijamente revisada quedando  
autorizada su presentación.

**TRIBUNAL DE TESIS**

**ING. DAVID CABALLERO**  
**DIRECTOR**

---

**ING. FRANKLIN ARCOS**  
**MIEMBRO**

---

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2015**

## **DEDICATORIA**

A Dios por guiarme y darme las fuerzas necesarias para seguir adelante, a mis padres y hermanos Washington, Livia, Rodolfo, Patricio y César que siempre han estado apoyándome y brindándome su amor. Al ser más importante en mi vida, mi hijo Mateo que es mi inspiración y fuerza para seguir adelante cada día. A mis amigos, aunque no los nombre a todos, sin embargo siempre los llevo presentes.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Agronómica. A mi director de tesis Ing. David Caballero, a mi asesor Ing. Franklin Arcos, por su colaboración y conocimientos que han ayudado a mi formación académica y personal; y su guía y apoyo incondicional para el desarrollo del presente estudio.

Al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en especial al Ing. Carlos Yáñez, líder del Programa de Maíz de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP; al Agr. Jorge Heredia, Ing. Alexis Quimbita, Ing. Carlos Sangoquiza, integrantes del Programa de Maíz de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP por permitirme realizar esta investigación, por su colaboración, apoyo y amistad en el desarrollo de esta investigación

A los integrantes del Programa de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, en especial al Ing. Franklin Valverde y al Ing. Rafael Parra, por su cooperación y conocimientos aportados en el desarrollo de este trabajo.

De manera especial a la FAO y el MAGAP, quienes me brindaron su apoyo incondicional para llevar a cabo esta investigación.

A los habitantes de la Parroquia San José de Chazo, por permitirme participar en sus actividades agrícolas.

Y un especial agradecimiento a toda mi familia, por llenarme cada día de ánimo y valor para afrontar las adversidades de la vida.

## CONTENIDO

<b>CAPÍTULO</b>	<b>Página</b>
LISTA DE TABLAS	ii
LISTA DE CUADROS	iii
LISTA DE GRÁFICOS	vi
LISTA DE ANEXOS	vii

## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAP.</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
I.	TITULO .....	1
II.	INTRODUCCIÓN .....	1
III.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
V.	RESULTADOS Y DISCUSION .....	39
VI.	CONCLUSIONES.....	78
VII.	RECOMENDACIONES.....	79
VIII.	RESUMEN .....	80
IX.	ABSTRACT.....	81
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	82
XI.	ANEXOS.....	85

**LISTA DE TABLAS**

<b>N °</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1.	Contenido de Nitrógeno asimilable – $\text{NH}_4^+$	10
2.	Contenido de Fósforo asimilable (ppm)	13
3.	Niveles de fertilidad de potasio	15
4.	Niveles de fertilidad de Calcio	16
5.	Niveles de fertilidad de magnesio	17
6.	Niveles de fertilidad de manganeso	18

## LISTA DE CUADROS

<b>N °</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1.	Principales Insectos plagas del cultivo del maíz de la sierra	23
2.	Principales enfermedades del cultivo del maíz de la sierra	24
3.	Descripción de los tratamientos (V x F) del ensayo de MNSE	30
4.	ADEVA del porcentaje de emergencia, en el MNSE	39
5.	ADEVA para altura de planta, etapa fenológica V3, V6, V7, VT y R6	40
6.	Prueba de Tukey al 5% para altura de plantas, en las etapas fenológicas V3,V6, V7, VT – R1 y R6, en el MNSE	41
7.	Prueba de Tukey al 5% para altura VT después de la siembra	42
8.	ADEVA Cuadrados medios para altura de inserción de mazorca	43
9.	ADEVA de la concentración de clorofila de las hojas en las etapas fenológicas V3, V6, V7, VT en el MNSE	44
10.	Tukey al 5 % para concentración de clorofila de las hojas tomado en las etapas fenológicas V5, V10, VT-R1, en el MNSE	45
11.	ADEVA del índice de verdor de las hojas tomado en las etapas fenológicas V3, V6, V7 y VT, en el MNSE	46
12.	Tukey al 5 % para el índice de verdor de las hojas tomado en las etapas fenológicas V3, V6, V7, VT, en el MNSE	48

<b>13.</b> Correlación entre el índice de verdor y concentración de clorofila en las hojas de maíz .en el MNSE.	51
<b>14.</b> ADEVA para el número de plantas por parcela neta en el MNSE	52
<b>15.</b> ADEVA para materia seca en grano, tusa, tusa residuos y total (kg/ha) en el MNSE	53
<b>16.</b> Tukey al 5 % para el materia seca en grano, tusa, residuos y total (kg/ha), en el MNSE	54
<b>17.</b> ADEVA del rendimiento en grano al 14% de humedad, en el MNSE	56
<b>18.</b> Tukey al 5 % rendimiento en grano al 14% de humedad, en el MNSE	57
<b>19.</b> Eficiencia agronómica (Ea) en el MNSE.	59
<b>20.</b> ADEVA de extracción de macro y micronutrientes en grano, en el MNSE	61
<b>21.</b> Tukey al 5 % para extracción de macro y micronutrientes en grano, en el MNSE	63
<b>22.</b> ADEVA de extracción de macro y micronutrientes en tusa, en el MNSE	65
<b>23.</b> Tukey al 5 % para extracción de macro y micronutrientes en tusa, en el MNSE	66
<b>24.</b> ADEVA de extracción de macro y micronutrientes en residuos, en el MNSE	68



<b>25.</b> Tukey al 5 % para extracción de macro y micronutrientes en residuos, en el MNSE	69
<b>26.</b> ADEVA de extracción de macro y micronutrientes total, en el MNSE	71
<b>27.</b> Tukey al 5 % para extracción de macro y micronutrientes total, en el MNSE	72
<b>28.</b> Análisis económico de Presupuesto Parcial (AEPP), en el MNSE	75
<b>29.</b> Análisis de dominancia, en el MNSE	76
<b>30.</b> Análisis de Tasa de Retorno Marginal, en el MNSE	77

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>N °</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1.	Promedio general de acumulación de clorofila en las hojas	45
2.	Índice de verdor en las hojas según tratamientos, en el MNSE	48
3.	Correlación entre el índice de verdor y concentración de clorofila, en el MNSE.	50
4.	Contenido de materia seca en el grano, tusa, residuos y total (T/ha), en el MNSE	55
5.	Rendimiento en grano (T/ha), en el MNSE	57
6.	Contenido de macro y micronutrientes por órganos de la planta (grano, tusa y residuos) en %, en el MNSE	60
7.	Extracción de macro y micronutrientes en grano, en el MNSE	64
8.	Extracción de macro y micronutrientes en tusa, en el MNSE	67
9.	Extracción de macro y micronutrientes en residuos, en el MNSE	70
10.	Extracción de macro y micronutrientes total, en el MNSE	73

## LISTA DE ANEXOS

<b>N ° Descripción</b>	<b>Pág.</b>
<b>1.</b> Ciclo Vegetativo del maíz	85
<b>2.</b> Fases fenológicas del maíz	85
<b>3.</b> Plano del ensayo: Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de Maíz	86
<b>4.</b> Tratamientos de fertilización (MNSE):kg/ha	87
<b>5.</b> Cantidad de fertilizantes para el ensayo de MNSE	88
<b>6.</b> Locación del ensayo del MNSE. Chazo, 2014	89
<b>7.</b> Análisis químico del suelo de la localidad de estudio, del MNSE. Chazo, 2014	90
<b>8.</b> Datos de altura de planta, índice de verdor y concentración de clorofila de la planta de maíz en las etapas fenológicas correspondientes al MNSE, Chazo, 2014	91
<b>9.</b> Análisis químico de órganos (Grano, tusa y residuos) de la planta de maíz. Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014	93
<b>10.</b> Fotos de la investigación. Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.	95

**I. VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MANEJO DE NUTRIENTES POR SITIO ESPECÍFICO EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN CHAZO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO**

**II. INTRODUCCION**

El maíz desde la antigüedad ha sido uno de los principales cultivos de América latina, tiene su origen en México donde existen alrededor de 2000 especies, mientras que en Ecuador hasta la fecha se han descrito 29 razas, de las cuales 17 corresponden a maíz de la Sierra mientras que las restantes corresponden a maíces de la zona tropical, es un cultivo que se adapta ampliamente a varias condiciones ecológicas y edáficas. (Caballero & Yanez, 2012).

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos, la superficie promedio cultivada de maíz de altura (solo y asociado) es de 238.614 ha, con rendimientos promedios de 0,45 t/ha para maíz suave en seco y 1,4 t/ha para maíz suave en choclo (INEC & MAGAP, 2012).

Las zonas de producción de maíz suave se ubican entre los 2.200 a 2.800 metros de altura (INIAP, 2011), en suelos con deficiencia de nitrógeno y fósforo principalmente, y están expuestos a la erosión causada por el agua, viento y la inducida por el hombre, debido a las prácticas inadecuadas de manejo de suelos de ladera. Debido a esta problemática el INIAP a llevado a cabo investigaciones tendientes a determinar la necesidad de nutrientes en lotes de producción bajo condiciones específicas y, ha validado una nueva metodología denominada Manejo de Nutrientes por sitio Específico, bajo labranza de conservación para el cultivo del maíz, donde el desequilibrio nutrimental es un factor determinante en la pérdida de la fertilidad del suelo, debido a que la acumulación de nutrientes en las cosechas provoca que más nutrientes minerales salgan del suelo, comparados con los que se reponen a través de la fertilización.

La metodología de Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE), busca entregar nutrientes a la planta en la forma y momento en que los necesite, permitiendo ajustar dinámicamente el uso de fertilizantes para llenar efectivamente el déficit que ocurre entre la necesidad total de nutrientes para obtener rendimientos altos y el aporte de nutrientes provenientes de las fuentes nativas del suelo. En el caso del maíz se espera cosechar la mayor cantidad de grano por unidad de fertilizante utilizado (Dobermann & Fairhurst, 2000).

## **A. JUSTIFICACION**

El maíz de la localidad de San José de Chazo es muy reconocido debido a sus características, sin embargo no existen estudios realizados en lo que se refiere a el manejo de nutrientes por sitio específico en los suelos, constituyendo un componente esencial de cualquier sistema de producción agrícola, cuyo objetivo es la obtención de altos rendimientos en esta actividad, logrando preservar, recuperar y mejorar las características de los suelos, garantizando su productividad en el tiempo.

El presente estudio contribuirá directamente a mejorar la productividad del maíz del maíz de esta zona; así como también obtener semilla de buena calidad, favoreciendo su economía al comercializar a precios justos gracias a un adecuado rendimiento.

## **B. OBJETIVOS**

### **1. General**

Validar la metodología de manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en Chazo, Cantón Guano, Provincia de Chimborazo.

### **2. Específicos**

- a.** Evaluar el efecto de la fertilización por sitio específico en la variedad de maíz local de Chazo.
- b.** Evaluar el comportamiento de las interacciones de los diferentes fertilizantes sobre el desarrollo y producción del maíz.
- c.** Analizar económicamente los tratamientos

### **III. REVISION DE LITERATURA**

#### **A. MANEJO DE NUTRIENTES POR SITIO ESPECÍFICO**

Es una alternativa para entregar nutrientes a la planta como y cuando lo necesita, y permite ajustar dinámicamente el déficit de nutrientes en base al requerimiento y el aporte del suelo, para lograr un buen rendimiento, aplicando los nutrientes en dosis optimas al momento adecuado. Además este método toma en cuenta otros factores como el clima y el manejo del cultivo (Espinosa, 1995).

Tradicionalmente, el manejo de la nutrición se ha basado en el promedio del contenido de nutrientes medido por el análisis de suelos, este método de diagnóstico define el manejo nutricional sobre el factor intrínseco del suelo, cuya variabilidad está dada por el material parental, altitud y su manejo. El manejo es el factor más importante en la variabilidad, ya que estas diferencias afectan el suplemento de nutrientes nativos del suelo, y nos permiten conocer la cantidad extra de nutrientes que se necesita para llegar a obtener buenos rendimientos (Brouder, 1999).

En estos momentos, es claro que el manejo basado en la media de la fertilidad ya no es suficiente para mantener rendimientos altos sostenibles en agricultura. Es común observar que se sobre fertiliza las áreas de bajo rendimiento y que no usan suficientes nutrientes en las áreas de alto rendimiento. El continuar con el manejo basándose en la media de la fertilidad solamente incrementa la variabilidad y reduce la productividad de la zona agrícola. Cuando estas condiciones se hacen aparentes es necesario un manejo por sitio específico (López, 1995).

El manejo por sitio específico busca identificar y cuantificar la variabilidad entre el factor suelo, clima y manejo presente en las zonas agrícolas, para luego determinar el impacto de esta variabilidad en el rendimiento. Una vez que se entiende el efecto de la variabilidad se pueden determinar las estrategias que permitan manejarla de modo que se incrementen los rendimientos y reducir el costo de los insumos, esto no implica a que se vayan a utilizar menos insumos sino más bien que se hace más eficiente su uso, obteniendo más rendimiento por unidad de superficie.

Este rendimiento permite cuantificar la variabilidad ya que es el indicador biológico que integra el impacto acumulado del recurso natural, los insumos utilizados, el clima y el manejo, donde el manejo por sitio específico considera la respuesta en rendimiento a cada uno de los factores antes mencionados y a su interacción (Soto,1992).

## **1. Estrategias de fertilización del MNSE**

Dobermann & Fairhurst (2000) expresan que mediante el MNSE se obtienen rendimientos sustentables con estrategias adecuadas en el manejo de nutrientes y del cultivo en general. Como es el caso de:

- Uso de semillas de alta calidad, de óptima densidad de siembra, el manejo integrado de plagas y enfermedades, manejo del cultivo, permitiendo explotar por completo el beneficio del MNSE.
- El MNSE debe ajustarse a las necesidades locales donde se lo empleará, entre estos parámetros debe tomarse en cuenta el rendimiento y la rentabilidad en lotes de agricultores con su participación.
- Se emplea parcelas de omisión para determinar el suplemento de nutrientes nativos del suelo. En el caso del manejo del nitrógeno de acuerdo a las necesidades que presenta la planta se utiliza la tabla de comparación de colores o uso de detector de clorofila en las hojas.
- La reposición de nutrientes removidos en el grano y la paja para evitar el agotamiento total de las reservas del suelo.
- La selección de la combinación más benéfica y menos costosa de la fuente de nutrientes.

## **2. Establecimiento de la meta de rendimiento obtenible**

El rendimiento depende de diversos factores: del clima, del cultivar utilizado y del manejo del cultivo; pero son específicos para el sitio y para la época del año en la que se cultivan. Este parámetro se estima mediante el rendimiento de grano obtenible cuando las limitantes de nutrientes son eliminadas, esta meta de rendimiento puede ser un porcentaje del 70 al 89 % del rendimiento potencial demostrado para el sitio, ya sea por investigación o por el rendimiento obtenido en lotes de productores con muy buen manejo del cultivo y nutrientes. Por lo tanto, la meta de rendimiento obtenible indica la cantidad total de nutrientes que el cultivo debe absorber para obtener dicho rendimiento (Rodríguez & de León, 2008).

### 3. **Determinación del aporte de nutrientes provenientes del suelo**

El suplemento de nutrientes nativos del suelo proviene de otras fuentes que no sean fertilizantes. Este aporte de nutrientes se evalúa mediante la técnica de parcelas de omisión, con la que se puede determinar el suplemento de nutrientes nativos del suelo por su acumulación en el cultivo sin fertilizar con el nutriente de interés, pero fertilizado en cantidades suficientes con otros nutrientes para asegurarse que la ausencia de éstos no limite el rendimiento (Fairhurst & Witt, 2002).

### 4. **Determinación de las dosis de nutrientes necesarias para completar el déficit entre las necesidades del cultivo y el suplemento de nutrientes nativos del suelo**

Con el uso excesivo del suelo para la siembra de cultivos es necesario compensarlo con los nutrientes faltantes. Para completar los requerimientos de nutrientes del cultivo que no son satisfechos por los nutrientes nativos del suelo, es necesaria la aplicación de fertilizantes, para obtener un mejor rendimiento y tener mayor producción de los cultivos. La dosis total de un nutriente aplicado con los fertilizantes depende del déficit entre la necesidad total del nutriente para obtener la meta de rendimiento y el suplemento del nutriente proveniente del suelo, determinado en la respectiva parcela de omisión (Fairhurst & Witt, 2002).

El cálculo de la dosis de nutrientes requerido para obtener la meta de rendimiento debe tener en cuenta el índice de cosecha (grano biomasa total) y la eficiencia de uso de los nutrientes aplicados como fertilizantes (Fairhurst & Witt, 2002). La eficiencia de uso es la parte proporcional de nutriente que toman las plantas por cada kilo de nutriente aplicado como fertilizante, y depende de la naturaleza de los fertilizantes, del desarrollo del sistema radical, del suelo y de la tecnología de aplicación (Rodríguez & De León, 2008).

El color de la hoja determina el estado de N en la planta y permite ajustar las dosis fraccionadas de N durante las primeras etapas del ciclo del cultivo. El manejo de N es el más difícil en todos los sistemas de cultivo. En cada época crítica el color de la hoja indica la necesidad de aplicación, pero con el uso del MNSE se logra un manejo dinámico de este nutriente, permitiendo el aumento eficiente de N aplicado en épocas



críticas para el cultivo; para lograr esto se utiliza la tabla de comparación de colores desarrollada para arroz por el IRRI (Internacional Rice Research Institute) (Dobermann & Fairhurst, 2000).

## 5. **Relevancia y causas de las brechas de rendimiento**

La producción de cultivares en la actualidad obtienen 60% menos del potencial climático y genético de rendimiento, este nivel del rendimiento también se evidencia en el maíz. (Dobermann & Fairhurst, 2000).

El rendimiento máximo ( $R_{\text{máx}}$ ) tiene una variación anual alrededor de un  $\pm 10\%$  debido principalmente a los factores climáticos; estos factores no pueden ser manipulados por lo cual se deben utilizar variedades adaptadas a las condiciones climáticas de la localidad. Igualmente el  $R_{\text{máx}}$  varía de acuerdo a la fecha de siembra y debe ser manejado de tal manera que permita utilizar al máximo los recursos del ambiente, logrando así minimizar los factores limitantes como son: agua, nutrientes, la incidencia de pestes, enfermedades, malezas, vuelco, etc. que pudiera presentar el cultivo (Dobermann & Fairhurst, 2000).

El rendimiento obtenible  $R_o$  está limitado por nutrientes y el máximo  $R_o$  logrado por los mejores agricultores es alrededor de 75 – 80 % del potencial del  $R_{\text{máx}}$ , porque la eficiencia interna del uso de nutrientes disminuye cuando el  $R_o$  es mayor al 80%  $R_{\text{máx}}$ . El  $R_o$  es substancialmente menor de la mayoría de lotes de los agricultores por el uso ineficiente de N o por desbalance de nutrientes que resulta en una amplia brecha de rendimiento (Dobermann & Fairhurst, 2000).

El rendimiento actual ( $R$ ) se obtiene por la reducción en el uso eficiente de nutrientes; si la brecha de rendimiento es alta, la planta absorbería altas concentraciones de nutrientes pero no todo sería aprovechando para convertirse en productos rentables, como es la producción del grano y por lo tanto la rentabilidad general del sistema se presenta por debajo de lo óptimo. Para este rendimiento es necesario superar todas las toxicidades minerales, para implementar estándares de manejo general del cultivo adecuado como preparación del lote, selección de variedades, el uso de semilla certificada y el eficiente control de plagas (Dobermann & Fairhurst, 2000).

Para alcanzar un buen rendimiento es necesario aplicar la correcta cantidad de nutrientes en el momento exacto para sincronizar las aplicaciones con los requerimientos de la

planta durante el ciclo de crecimiento. El  $R_{max}$  del grano está limitado solamente por el clima y el genotipo, mientras que a  $R_o$  del grano es menor que el  $R_{max}$  debido a las limitaciones de agua y suplemento de nutrientes; de igual forma  $R_o$  se reduce debido a las plagas, enfermedades y toxicidades que puedan presentar los cultivos de la zona en estudio (Dobermann & Fairhurst, 2000).

## **B. FERTILIZACIÓN**

El cultivo de maíz es muy exigente para su crecimiento y desarrollo, por lo que se requiere de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio, calcio, etc. para su desarrollo y producción (Dávila, 2008).

### **1. Nitrógeno**

#### **a. Funciones del nitrógeno en las plantas**

El nitrógeno se ha encontrado en las plantas tanto en forma orgánica como en forma inorgánica, combinado con C, H, O y algunas veces, con S formando aminoácidos, ácidos nucleicos, clorofila, alcaloides y bases purínicas, mientras que el nitrógeno inorgánico puede acumularse en la planta primeramente en tallos y tejidos conductivos en forma de nitrato, el nitrógeno orgánico predomina como proteínas de alto peso molecular (Basantes, 2010).

El nitrógeno influye en el rendimiento y también en la calidad de las cosechas, pues de él depende el contenido de proteínas del grano. Cuando la planta presenta deficiencias de nitrógeno disminuye el vigor, las hojas son pequeñas, las puntas de las hojas toman un color amarillo, que poco a poco se va extendiendo a lo largo de la nervadura central dando lugar a una especie de dibujo en forma de V (Dobermann & Fairhurst, 2000).

El nitrógeno es esencial para el metabolismo de los carbohidratos, estimula el crecimiento radicular y el desarrollo de las plantas así como la asimilación de otros nutrimentos (Basantes, 2010).

**b. Formas de nitrógeno en el suelo**

El nitrógeno que se halla en el suelo puede ser generalmente clasificado como inorgánico y orgánico, la mayor cantidad se encuentra en gran parte como integrante de los materiales orgánicos complejos del suelo.

Las formas inorgánicas del nitrógeno del suelo incluyen  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  y nitrógeno elemental, que es inerte excepto para su utilización por *Rhizobia*. Desde el punto de vista de la fertilidad del suelo, las formas  $\text{NH}_4$  y  $\text{NO}_3$  son de mayor importancia. Las formas orgánicas del nitrógeno del suelo se hallan como aminoácidos y proteínas consolidadas, aminoácidos libres, aminoazúcares y otros generalmente complejos no identificados (Dobermann & Fairhurst, 2000).

**c. Formas utilizables de nitrógeno**

Las formas de nitrógeno que utilizan las plantas son los iones nitrato ( $\text{NO}_3$ ) y amonio ( $\text{NH}_4$ ), su absorción está en función del pH del suelo, la temperatura y la presencia de otros iones en la solución del suelo. El  $\text{NH}_4$  participa en el intercambio catiónico dentro del suelo. El nitrito ( $\text{NO}_2$ ) puede estar presente en la solución del suelo bajo condiciones anaeróbicas y es tóxico para las plantas a muy bajos niveles (Basantes, 2010).

**d. Movimientos de nitrógeno en el suelo**

Las sales nitrogenadas se mueven hacia arriba y hacia abajo en la solución del suelo, dependiendo de la dirección del movimiento del agua. De los dos tipos generales de sales nitrogenadas, los nitratos se mueven más fácilmente, porque no se unen por sí mismos a las partículas del suelo. Por otra parte, el nitrógeno amoniacal es adsorbido por los coloides del suelo (Basantes, 2010).

**e. Forma de aplicación del nitrógeno**

Los fertilizantes se deben aplicar o colocar de tal manera que puedan ser alcanzados por las raíces de las plantas. Si el fertilizante nitrogenado se aplica al momento de la

siembra, nunca debe estar en contacto con la semilla; debe de colocarse de 5 a 10 cm a un lado y debajo de la semilla (Infoagro, 2012).

#### **f. Pérdidas de nitrógeno**

El nitrógeno aplicado al suelo en forma de fertilizante, puede perderse principalmente por volatilización y lixiviación. Las pérdidas por volatilización ocurren cuando el gas nitrógeno, óxido nitroso, óxido nítrico y amoníaco son liberados a causa de ciertas reacciones químicas y biológicas que se verifican en el suelo. Han sido sugeridos tres mecanismos como causa de estas pérdidas.

1. Desnitrificación, que es la reducción bioquímica de los nitratos bajo condiciones anaeróbicas.
2. Reacciones químicas que implican a los nitratos bajo condiciones aeróbicas.
3. Pérdidas volátiles de amoníaco gas ( $\text{NH}_3$ ) de la superficie de los suelos alcalinos (Infoagro, 2012).

En condiciones favorables para el crecimiento de las plantas, la mayor parte del nitrógeno del suelo en forma de amonio ( $\text{NH}_4$ ), se convierte en nitrato ( $\text{NO}_3$ ) por medio de las bacterias nitrificantes, este proceso se denomina nitrificación. Este ion nitrato como tiene carga negativa no es adsorbido por los coloides del suelo cargados negativamente que generalmente dominan en la mayoría de los suelos y consecuentemente se puede perder fácilmente por lixiviación (Basantes, 2010).

#### **g. Deficiencia de Nitrógeno.**

Cuando las plantas presentan deficiencias de nitrógeno se vuelven raquílicas y amarillas. Este amarillamiento o clorosis aparece primeramente en las hojas inferiores mientras las hojas superiores permanecen verdes. En caso de grave deficiencia de nitrógeno las hojas se vuelven color marrón y mueren. La tendencia de las hojas superiores a permanecer verdes mientras las inferiores amarillas mueren indica la movilidad del nitrógeno en la planta (Basantes, 2010).

## h. Contenido de nitrógeno en el suelo

**Tabla 1.** Contenido de Nitrógeno asimilable –  $\text{NH}_4$ .

ppm de $\text{NH}_4^+$	Kg de $\text{NH}_4^+/\text{Ha}$	Nivel
30	60	Bajo
30-60	60-120	Medio
>60	>120	Alto

FUENTE: INIAP, 2002

## 2. Fósforo

### a. Funciones del fósforo en las plantas.

El fósforo es un componente de ciertas enzimas y proteínas, trifosfato de adenosina (ATP), ácidos ribonucleicos (RNA), ácidos desoxi ribonucleicos (DNA), y fitina. El ATP está involucrado en varias reacciones de transferencia de energía, y el RNA y DNA son componentes de la información genética (Infoagro, 2012).

El fósforo desempeña un papel importante en la fotosíntesis, la respiración, el almacenamiento y transferencia de energía, la división y crecimiento celular y otros procesos que se llevan a cabo en la planta. Además, promueve la rápida formación y crecimiento de las raíces, mejora la calidad de la fruta, hortalizas y granos y está involucrado en la transferencia de características hereditarias de una generación a la siguiente (Infoagro, 2012).

### b. Formas del fósforo en los suelos

El fósforo en el suelo puede clasificarse en general como orgánico e inorgánico, dependiendo de la naturaleza de los compuestos en que se encuentra. La fracción orgánica se halla en el humus y otros materiales orgánicos, que pueden o no estar asociado con él. La fracción inorgánica se encuentra en numerosas combinaciones con hierro, aluminio, calcio, flúor y otros elementos (Basantes, 2010).

**c. Formas utilizables del fósforo**

Las plantas absorben la mayoría del fósforo como ion ortofosfato primario ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), las plantas también absorben pequeñas cantidades de fósforo como ion ortofosfato secundario ( $\text{HPO}_4^{=}$ ). El pH del suelo influye en gran parte en la absorción de estas dos formas de fósforo por la planta (Basantes, 2010).

**d. Movimientos del fósforo en el suelo**

El fósforo se mueve muy poco en la mayoría de los suelos, generalmente se mantiene en el lugar donde ha sido colocado por la meteorización de los minerales o por la fertilización. Muy poco de este elemento se pierde por lixiviación, aun cuando se mueve más libremente en suelos arenosos que en arcillosos. La erosión y la remoción por el cultivo son las dos únicas formas significativas de pérdidas de fósforo del suelo. (Basantes, 2010).

**e. Época de aplicación del fósforo**

Como el fósforo no se mueve a través del suelo, deberá aplicarse en posiciones en donde pueda ser alcanzado por las raíces de las plantas cuando lo necesiten, es decir aplicarse antes de la siembra (Cabrerizo, 2012).

**f. Forma de aplicación del fósforo**

El contenido de fósforo en la zona radicular debe ser lo suficientemente alto para asegurar su disponibilidad durante todas las etapas de crecimiento. La fijación es un factor importante a considerar cuando se debe decidir la forma de aplicación de fósforo. Existe un mayor contacto entre el suelo y el fertilizante cuando se aplica al voleo y se le incorpora con el arado o con la rastra que cuando se le aplica en banda (Basantes, 2010).

**g. Factores que afectan la disponibilidad del fósforo.**

La disponibilidad de fósforo presenta una doble restricción: el bajo nivel de fósforo total en los suelos y las bajas cantidades de las formas disponibles. Además, cuando se

aplican al suelo fosfatos solubles, estos son rápidamente fijados hacia formas insolubles que en un tiempo van a ser no disponibles para las plantas. En suelos ácidos, el fósforo es primeramente fijado por el hierro, aluminio y manganeso, y en suelos alcalinos por el calcio y el magnesio, esta fijación reduce gradualmente la eficiencia de los fertilizantes fosfatados, de tal modo que solamente una pequeña cantidad del fósforo añadido puede ser tomado por las plantas. Con el tiempo; sin embargo, este fósforo fijado puede formar parte de la reserva y ser absorbido por las plantas (Basantes, 2010).

La disponibilidad del fósforo varía de acuerdo a los siguientes factores:

1. Cantidad de arcilla.
2. Tipo de arcilla.
3. Época de aplicación.
4. Aireación.
5. Compactación
6. Humedad.
7. Contenido de fósforo en el suelo.
8. Temperatura.
9. Otros nutrimentos.
10. Cultivo.
11. El pH del suelo.

#### **h. Contenido de fósforo en el suelo.**

**Tabla 2.** Contenido de Fósforo asimilable (ppm)

<b>FÓSFORO ASIMILABLE.</b>	
<b>Contenido en ppm</b>	<b>Categoría</b>
0 – 15	baja
15,1 – 30	media
30,1 – 50	alta
50,1 – 75	rico
>75	muy rico

**Fuente:** ARCOS, 2005

### **3. Potasio**

#### **a. Funciones del potasio en las plantas**

El potasio está involucrado en el mantenimiento del estado hídrico de la planta, la presión de turgencia de sus células y el mecanismo de apertura y cierre estomático. El potasio es requerido para la acumulación y translocación de los nuevos carbohidratos formados (Infoagro, 2012).

El potasio imparte a las plantas gran vigor y resistencia a las enfermedades, participa en la producción de proteínas en las plantas, aumenta el tamaño del grano y semilla y es esencial para la formación y desplazamiento de almidones, azúcares y aceites. También mejora la calidad de los frutos, ayuda al desarrollo de los tubérculos y auxilia en la formación de las antocianinas (Infoagro, 2012).

#### **b. Formas del potasio en el suelo**

Infoagro (2012) expresa que el potasio existe en el suelo en cuatro formas:

1. Como catión  $K^+$  en la solución del suelo.
2. Como  $K^+$  intercambiable en los coloides del suelo.
3. Fijado en las arcillas.
4. Como un componente en minerales potásicos

#### **c. Formas utilizables del potasio**

El potasio es absorbido como ion  $K^+$  y se encuentra en los suelos en cantidades variables. En general la fracción cambiante y la forma asimilable por las plantas generalmente son pequeñas comparadas con el total de potasio en el suelo (Basantes, 2010).

#### **d. Movimientos de potasio en el suelo**

El potasio en la solución del suelo está expuesto a considerables pérdidas por lixiviación. Las dos formas de potasio fácilmente disponibles se encuentran en un equilibrio dinámico. Tal situación tiene una gran importancia práctica. Cuando las plantas absorben potasio, el potasio intercambiable se mueve inmediatamente hacia la



solución del suelo, hasta que el equilibrio nuevamente se establece. Cuando son suministrados al suelo fertilizantes solubles en agua, el equilibrio es inverso, el potasio de la solución del suelo se mueve hacia el complejo de intercambio. El potasio intercambiable puede considerarse como un importante mecanismo "buffer" para el potasio de la solución del suelo (Cabrerizo, C.2012).

Es vital mantener niveles adecuados de potasio en el suelo porque este nutrimento no se mueve mucho, excepto en suelos arenosos o en suelos orgánicos. Este elemento tiende a mantenerse en el sitio donde se coloca cuando se fertiliza y cuando se mueve, lo hace por medio del proceso denominado difusión, en desplazamientos lentos y de corto recorrido por las películas de agua que rodean las partículas del suelo (Cabrerizo, 2012).

#### **e. Época y forma de aplicación del potasio**

En la mayoría de los cultivos anuales, incluyendo los cereales y las hortalizas, los fertilizantes potásicos deben aplicarse a la siembra o al trasplante, debido a que las plantas absorben una buena porción del potasio en las etapas tempranas del crecimiento. Sin embargo, en suelos de textura liviana (arenosos, o franco arenosos), con un alto potencial de perder potasio por lixiviación, se recomienda una aplicación fraccionada (Infoagro, 2012).

#### **f. Disponibilidad de potasio en los suelos**

En contraste con el fósforo, el potasio se encuentra en altos niveles en la mayoría de los suelos minerales, excepto en suelos arenosos. No obstante, la cantidad de potasio disponible para las plantas a menudo es muy pequeña. La mayor parte de este elemento se encuentra como parte de minerales primarios o es fijado en formas que presentan poca o moderada disponibilidad para las plantas. Por lo tanto, la situación con respecto a la utilización del potasio es semejante que para el fósforo y el nitrógeno en último término. Una proporción muy grande de estos tres elementos en los suelos es insoluble y relativamente no disponible para las plantas (Infoagro, 2012).

### g. Deficiencia de potasio

Cuando la planta es deficiente en potasio, la fotosíntesis decrece mientras que la respiración se incrementa, esto reduce seriamente la formación de carbohidratos y por consiguiente el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Cabrerizo, C. 2012).

### h. Contenido de potasio

**Tabla 3.** Niveles de fertilidad de potasio.

Nivel	Ppm	meq/100g
Bajo	0-75	0-0,19
Medio	75-150	0,20 -0,38
Alto	>150	>0,38

FUENTE: ARCOS (2004)

## 4. Calcio

Es un constituyente esencial del tallo y de las hojas. Según el maíz sea para silo o para grano, varía el volumen de extracciones. El calcio tiene un papel importante en el suelo, permite tener y mantener en el suelo una buena estructura y un pH correcto, una buena y abundante fertilización permite obtener resultados satisfactorios.

El calcio es muy sensible a la lixiviación y demás por su naturaleza química, muchos abonos tienen una cierta acción sobre el contenido en calcio en el suelo. El fosfato amónico, por ejemplo tiene una acción descalcificante muy grande.

Hay que indicar que, aunque el pH sea satisfactorio, es necesario aportar 250 kg/ha y año de calcio, en suelos arenosos y con un pH superior a 5,5.

### a. Contenido de calcio en el suelo

**Tabla 4.** Niveles de fertilidad de Calcio

Nivel	ppm
Bajo	0-80
Medio	80-140
Alto	>140

FUENTE: INIAP (2011)

## 5. Magnesio

Es un componente fundamental de la clorofila. Sus extracciones son bajas y los abonos son suficientes para compensar las pérdidas por lixiviación, importante en suelos ligeros, o la eventual absorción en suelos ácidos. El magnesio junto al fósforo se encuentra principalmente en las partes crecientes de las plantas y en las semillas, a diferencia del calcio, el magnesio es más móvil y puede emplearse por segunda vez en las plantas. El magnesio se traslada de las hojas adultas a las hojas jóvenes y después de la floración sucede su traslado desde las hojas a las semillas, donde se encuentra el germen. El contenido de magnesio en las semillas es mayor que el calcio, mientras que en las hojas sucede lo contrario. Este elemento juega un papel principal en distintos procesos vitales: participa en la traslación del fósforo por las plantas, activa algunos fermentos (ejemplo Fosfatasas), acelera la formación de carbohidratos, influye sobre procesos de oxidación – reducción en los tejidos de las plantas. (Arcos, 2004).

Un cultivo de maíz puede presentar carencia de magnesio sin que en el suelo haya este elemento, especialmente en los suelos ácidos y ligeros, en años muy lluviosos, si el nitrógeno se ha portado en forma amoniacal o después de un fuerte abonado potásico.

La aportación en cobertera de carbonato de calcio y magnesio (250 – 400 Kg/ha) o de nitrato de calcio y magnesio (200 kg/ha), puede corregir la carencia de magnesio en el suelo (Basantes, 2010).

### a. Contenido de magnesio en el suelo

**Tabla 5.** Niveles de fertilidad de magnesio

Nivel	Ppm
Bajo	0-40
Medio	40-80
Alto	>80

**FUENTE:** ARCOS (2004)

## **6. Manganeso**

### **a. Manganeso en el suelo**

El contenido en los suelos es de hasta 1% forman óxidos e hidróxidos, se presentan deficiencia en suelos cuyo pH es de 6.0 a 8.0

### **b. En las plantas**

Se localiza en mayores cantidades en las hojas, participa en la fotosíntesis, aumenta el contenido de azúcar y de clorofila, refuerza la intensidad de la respiración, constituye al fermento hidroxil amina reductasa, activa las reacciones incluyendo las transformaciones de los diácidos y triácidos carbónicos que se forman en el proceso de la respiración (Arcos, 2004).

### **c. Función**

Favorece al transporte de fosforo desde las hojas adultas inferiores a las hojas superiores y a los órganos reproductivos.

### **d. Síntomas de deficiencia**

La deficiencia se manifiesta por una clorosis, manchas grises en los cereales.

### **e. Recomendaciones de uso**

Aplicaciones de 2, 5 kg/ha. Dosis de 50 – 100 kg de sulfato de magnesio por 1qq de semilla.

## f. Principales fuentes y su concentración

**Tabla 6.** Niveles de fertilidad de manganeso

FUENTE	CONCENTRACIÓN (%)
Sulfato de manganeso	26 -28
Óxidos de manganeso	41 – 68
Quelatos de manganeso	12
Carbonato de manganeso	31
Cloruro de manganeso	17

**Fuente:** INPOFOS, 2011

## C. CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.)

El origen del maíz ha sido causa de discusión desde hace mucho tiempo. Numerosas investigaciones revelan que esta gramínea tiene su origen en México hace unos 7000 años, como el resultado de la mutación de una gramínea silvestre llamada Teosinte. Y seguramente antiguos mexicanos se interesaron en reproducir esta planta y por selección, produjeron algunas variedades mutantes (GRUPO SEMILLAS, 2012).

PRODUCCIÓN AGROPECUARIA (1995), afirma que el maíz es un cultivo de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual, muy remota de unos 7000 años de antigüedad, de origen indio que se cultivaba por las zonas de México y América central. Hoy en día su cultivo está muy difundido por todo el resto de países.

### 1. Clasificación taxonómica

Cabrerizo, C (2012), manifiesta que su clasificación taxonómica se basa en la morfología y la disposición de los verticilos florales y en las diferencias estructurales y otras partes de la planta.

**Reino:** Vegetal  
**Subreino:** Embriobionta  
**División:** Angiospermae  
**Clase:** Monocotyledoneae  
**Orden:** Poales

**Familia:** Poaceae  
**Género:** *Zea*  
**Especie:** *mays*  
**Nombre científico:** *Zea mays* L.

## **2. Características botánicas**

### **a. Raíz**

PRODUCCIÓN AGROPECUARIA (1995) señala que está constituida por raíces fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobre salen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias. En estos pelos radiculares es donde se presentará el máximo de absorción del agua y de los nutrientes contenidos en el suelo.

### **b. Tallo**

Maroto (1998), manifiesta que el tallo es más o menos cilíndrico, formado por nudos y entrenudos. El número de estos es variable, generalmente son 8 a 21, pero son más comunes las variedades con más o menos 14 entrenudos. Los entrenudos de la base de la planta son cortos y van siendo más largos a medida que se encuentran en posiciones más superiores, los entrenudos son medulares, o sea, no huecos. La altura del tallo depende de la variedad y de las condiciones ecológicas y edáficas de cada región, varía de más o menos 80 cm hasta alrededor de 4 m.

### **c. Hojas**

Maroto (1998), señala que las hojas de este cereal son similares a otras gramíneas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervadas. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes. El número más frecuente es de 12 a 18, con un promedio de 14 y en cada nudo emerge una hoja. El limbo es sésil, plano y con longitud variable desde más o menos 30 cm hasta más de 1 metro y la anchura es variable y depende de la condición genética de las variedades y de las condiciones ecológicas y edáficas.

#### **d. Flores**

Cabrerizo, C (2012), menciona que el maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen.

Dependiendo de la variedad se necesita alrededor de 50000 granos de polen por cada uno que se torna efectivo para producir un grano de maíz (Infoagro, 2012).

#### **e. Fruto**

Cabrerizo, (2012) dice que el grano o fruto del maíz es un cariopse. La pared del ovario o pericarpio está fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están combinadas conjuntamente para conformar la pared del fruto. El fruto maduro consiste de tres partes principales: la pared, el embrión diploide y el endospermo triploide.

### **3. Requerimientos del cultivo**

#### **a. Clima**

Galarza (1996) considera sobre el clima que, es más favorable sobre los 12°C de temperatura y entre los 2 200 y 2 800 msnm, con precipitaciones de 600 a 1 500 mm. Mientras que Garcés (1999) indica que, la temperatura ejerce una influencia decisiva en la germinación de la semilla y en los procesos vegetativos de la planta, la luz es importante para la formación de la clorofila y la actividad de ésta, la humedad es necesaria para que haya una buena cosecha de maíz, siendo las primeras fases de crecimiento hasta la floración, las de mayor necesidad de agua.

Torregrosa (1997) señala que, para su adecuado desarrollo vegetativo, el maíz requiere abundante agua especialmente en las etapas de su crecimiento inicial. En general, el maíz utiliza para su normal crecimiento de 600 a 800 mm de agua. Por tanto, zonas de

baja precipitación pluvial o de lluvias irregularmente distribuidas se necesitan riegos que deben suministrarse en las épocas más oportunas.

#### **b. Suelo**

Martínez Y Tico (1997) dicen que el maíz prefiere los suelos arcillo-silíceos. No obstante se adapta bien a distintos suelos que estén bien trabajados y debidamente abonados. Torregrosa (1997) afirma que, para obtener una buena cosecha, el maíz debe cultivarse en suelos fértiles, bien drenados y relativamente livianos, los cuales han de ararse y rastrarse anticipadamente, para que las semillas encuentren una cama mullida, suelta y libre de terrones. Esto garantiza una buena germinación y normal crecimiento de las plántulas. El maíz es muy sensible a los suelos mal aireados.

#### **c. Agua**

Cabrerizo, C (2012) indica que los riegos deben permitir que el suelo esté en un estado perfecto de humedad de tempero. Si el suelo sufre sequedad da lugar a una pérdida de calidad en el fruto, por falta de agua en los tejidos. Cuando está en las primeras fases de su desarrollo el riego debe ser abundante y regular, ya que la plántula debe tener un crecimiento continuo. Se puede regar tanto por gravedad como por riego localizado. En todo su ciclo este cultivo sufre estrés si hay escasez de agua en el suelo.

### **4. Manejo del cultivo**

#### **a. Siembra**

La época de siembra más oportuna en la sierra ecuatoriana, es entre la segunda quincena de septiembre y la primera de noviembre con el advenimiento de las lluvias (INIAP, 2011).

#### **b. Distancias de siembra**

Yáñez (2002) menciona que, deberán sembrarse dos semillas por cada golpe o sitio, a una distancia mínima de 25 cm y entre surcos a 80 cm, los cuales deberán realizarse en sentido contrario a la pendiente.



CAVIEDES (1998) manifiesta que, la distancia de siembra es de 80 cm entre surcos, por 25 cm entre plantas y una semilla por sitio, ó 50 cm entre plantas y dos semillas por sitio.

**c.      Deshierbas y aporques**

INIAP (2011) indica que, en el caso de no utilizar herbicidas, el cultivo debe mantenerse limpio mediante deshierbas manuales, cuyo número dependerá de la cantidad de malezas existentes en el terreno. La labor del medio aporque dice que es necesaria para el cultivo, ya que permite un mejor anclaje y desarrollo de las plantas; esta labor se realizó, cuando las plantas tengan de 20 a 30 cm de altura, conjuntamente con la aplicación de la Urea.

El aporque completa el desarrollo de la planta, ya que le permite desarrollar su sistema radicular y aprovechar al máximo los nutrientes del medio, esta labor se la realizará manualmente.

**d.      Abonadura**

Según INIAP (2011) la cantidad y fórmula del fertilizante difiere de un suelo a otro, por lo que es necesario realizar el análisis de suelo con anticipación a la siembra, para conocer la dosis de fertilizante más conveniente. Además indica que la mayoría de los suelos de la sierra ecuatoriana tienen bajo contenido de nitrógeno, fósforo y alto de potasio.

CAVIEDES (1998) considera que, para realizar una buena y adecuada fertilización es necesario realizar el análisis de suelo por lo menos dos meses antes de la siembra. En caso de que el análisis muestre contenidos bajos o medios de nitrógeno, fósforo y altos de potasio, puede aplicarse tres sacos de 50 kg de 18-46-00 por hectárea al momento de la siembra y dos sacos de 50 kg de Urea por hectárea en banda a los 45 días después de la siembra.

**e.      Riego**

MANUAL AGROPECUARIO (2001) señala que, el maíz utiliza para su normal crecimiento de 600 a 800 mm de agua en su ciclo, por lo que los riegos se deben suministrar oportunamente; si es por el método de riego gravitacional, se debe realizar

cada ocho días disminuyendo a cada quince días en las últimas etapas del cultivo. Durante la fase de floración es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se aconsejan riegos que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización y cuajado. Por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada.

## 5. Controles fitosanitarios

### a. Plagas

Las plagas más importantes del cultivo de maíz se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Principales Insectos plagas del cultivo del maíz de la sierra.

Nombre común	Nombre científico	Tratamiento	Dosis
Gusano del choclo	<i>Heliothis zea</i>	Aceite doméstico <i>Bacillusthuringiensis</i>	2 lt / ha 250 g / ha
Gusano cortador	<i>Agrotis ipsilon</i>	Endosulfán Acefato Cartaphidochloride	1 lt / ha 0.8 lt / ha 150 g / 100 lt
Gusano cogollero	<i>Agrotis deprivata</i>	Aceite doméstico Malathión Dimetoato	2 lt / ha 3.6 kg / ha 0.5 lt / ha
Pulgón del maíz	<i>Rhopalosiphum maidis</i>	Pirimicarb Clorpyrifos	300 g / ha 0.5lt / ha
Nemátodo lesionado	<i>Pratylenchus</i> sp.	Terbufos	10 -20 k / ha en bandas 3 g / m <sup>2</sup>
Nemátodo espiral	<i>Helicotylenchus</i> sp.	Isazofos Benfuracarb	4 g / m <sup>2</sup> 2.5 lt / ha

FUENTE: (INFOAGRO. 2012)

## b. Enfermedades

Las enfermedades de mayor incidencia se presentan en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Principales enfermedades del cultivo del maíz de la sierra.

Nombre común	Nombre científico	Tratamiento	Dosis
Mancha de la hoja	<i>Drechslera turcica</i>	Fosetil-aluminio Cyproconazol	2.5 g / lt 250 ml / ha
Mancha de la hoja.	<i>Diplodia macrospora</i>	Propineb Hexaconazole	kg / ha 400 ml / ha
Pudrición de la Mazorca	<i>Fusarium sp.</i>	Bitertanol Triadimefon	0.5 lt / ha 1,5 kg / ha
Mancha asfalto.	<i>Phyllachora maydis</i>	Benomyl Clorotalonil	250 g / ha 1.75 lt / ha
Roya	<i>Puccinia polysora</i>	Tridemorph. Carbendazin	0.5 lt / ha 0.5 kg / ha
Pudrición basal	<i>Erwinia sp.</i>	Oxicloruro de Cobre	200 g/ha 4.0 lt/ha
Raquitismo	<i>Virus del mosaico</i>	Erradicación de vectores	-

Fuente:(INFOAGRO. 2012)

## 6. Fenología del Maíz

La fenología del maíz se divide en dos estados (INTA, 2012).

### **a. Estados vegetativos**

- VE emergencia
- V1 primera hoja
- V2 segunda hoja
- V3 tercera hoja
- V(n) enésima hoja
- VT Panoja

### **b. Estados reproductivos**

- R1 sedas
- R2 ampolla
- R3 Grano lechoso
- R4 Grano pastoso
- R5 Dentado
- R6 Madurez Fisiológica

Dentro del desarrollo de los estados fenológico del maíz ocurren eventos importantes en ciertos estados, que se mencionan a continuación:

**V3:** El punto de crecimiento está bajo tierra, las bajas temperaturas pueden aumentar el tiempo entre la aparición de las hojas y el daño por helada en este estado tiene muy poco efecto en el crecimiento y en el rendimiento final.

**V6:** En este estado se recomienda completar la fertilización, puesto el sistema de raíces nodales está bien distribuido en el suelo. También es posible observar síntomas de deficiencias de macro o micro nutrientes.

**V9:** En este estado varias mazorcas rudimentarias ya se encuentran formadas, la panoja se desarrolla rápidamente en el interior de la planta. Además comienza una rápida acumulación de biomasa, absorción de nutrientes y agua que continuará hasta casi el término del estado reproductivo.

**V12:** Aquí se determina el tamaño potencial de mazorca y número potencial de óvulos por mazorca. Dado que se está formando el tamaño de la mazorca y número de óvulos, el riego y la nutrición son críticos.

**V15:** Es el estado más crucial para la determinación del rendimiento. Las hojas aparecen cada uno o dos días y las sedas están comenzando a crecer en las mazorcas superiores.

**R1:** El número de óvulos fertilizados se determina en este estado. Los óvulos no fertilizados no producen grano y mueren. El estrés ambiental en este momento afecta la polinización y cuaje, especialmente el estrés hídrico que deseca las sedas y los granos de polen. Además a partir del inicio de este estado hasta R5 se produce un rápido llenado del grano por lo que se presenta también ataque de gusano por lo que es necesario realizar controles.

**R5:** Los granos empiezan a secarse desde la parte superior donde se forma una capa blanca de almidón. El estrés y las heladas pueden reducir el peso de los granos. Llegando a R6 donde el grano alcanza su peso máximo y es cosechado.

#### **R6-Madurez Fisiológica**

Todos los granos han alcanzado su peso máximo. La capa negra alcanza la base de los granos. Comienza a formarse en los granos que están en la parte superior de la mazorca, indicando que es un buen indicador de madurez fisiológica. El promedio de humedad de los granos es de 30-35 %. Para almacenamiento del grano la humedad debe bajarse a 12-15 %.

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR EXPERIMENTAL**

#### **1. Localización<sup>1</sup>**

El presente ensayo está localizado en la Provincia de Chimborazo, Cantón Guano, en la Parroquia de San José de Chazo.

#### **2. Ubicación geográfica<sup>2</sup>**

Ubicado en las coordenadas geográficas latitud 772269 UTM y longitud 9830345 UTM; con una altitud de 2868 msnm.

#### **3. Características climáticas<sup>3</sup>**

##### **a. De la zona**

Temperatura media anual: 13 °C

Precipitación media anual: 475 mm

Humedad relativa: 50%

#### **4. Clasificación ecológica**

Según Holdridge, (1992), la zona de vida corresponde a bosque seco – Montano Bajo, (bs-MB).

---

1 Datos registrados con la ayuda del GPS.

2 Plan de ordenamiento territorial San José de Chazo

3 Laboratorio de suelos INIAP Santa Catalina (2014)

## 5. Características del suelo

### a. Análisis físico

- Textura: Franco – arenoso
- Estructura: Suelta
- Pendiente: Plana (< 2%)
- Drenaje: Bueno
- Profundidad: 50 cm

### b. Características químicas<sup>4</sup>

- pH: 6,26 Ligeramente Acido
- Materia orgánica: 0.8% Bajo
- Contenido de N. 22 ppm(Bajo)
- Contenido de P: 147 ppm (Alto)
- Contenido de K: 0.41 meq/100ml(Alto)
- Contenido de S: 8,50 ppm (Bajo)
- Contenido de Ca: 3.5 meq/100ml (Bajo)
- Contenido de Mg: 0.85 meq/100ml (Bajo)
- Contenido de Mn: 4,40 ppm (Bajo)

## 6. Factores en estudio

### a. Variedad local de maíz “Chazo”

### b. Fertilización

Los nutrientes que se consideran en el factor “fertilización” han sido seleccionados basándose en el análisis químico de suelo, así como el grado de requerimiento de los mismos por parte del cultivo de maíz.

---

4. Laboratorio de suelos INIAP Santa Catalina (2014)

Los tratamientos resultantes de la fertilización se describen en el Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Descripción de los tratamientos del ensayo de MNSE en la variedad de maíz local de Chazo.

Tratamientos	Fertilización	Descripción
<b>1</b>	N, S, Ca, Mg	Parcela con aplicación completa de N, S, Ca, Mg. Usada para estimar la eficiencia de recuperación de N, S, Ca, Mg de los fertilizantes.
<b>2</b>	S, Ca, Mg	Parcela de omisión de N, con aplicación de suficiente cantidad de S, Ca, Mg. Usada para medir el suplemento efectivo de N nativo del suelo (absorción total de N por el cultivo cuando no se aplica N).
<b>3</b>	N,Ca, Mg	Parcela de omisión de S, con aplicación de suficiente cantidad de N,Ca, Mg. Usada para medir el suplemento efectivo de S nativo del suelo (absorción total de S por el cultivo cuando no se aplica S).
<b>4</b>	N,S,Mg	Parcela de omisión de Ca, con aplicación de suficiente cantidad de N, S,Mg. Usada para medir el suplemento efectivo de Ca nativo del suelo (absorción total de Ca por el cultivo cuando no se aplica Ca).
<b>5</b>	N,S, Ca	Parcela de omisión de Mg, con aplicación de suficiente cantidad de N, S, Ca. Usada para medir el suplemento efectivo de Mg nativo del suelo (absorción total de Mg por el cultivo cuando no se aplica Mg).
<b>6</b>	T0+ N	Parcela de adición de N, con aplicación de suficiente cantidad de N (absorción total de N por el cultivo cuando se aplica solo N).
<b>7</b>	T0 + S	Parcela de adición de S, con aplicación de suficiente cantidad de S (absorción total de S por el cultivo cuando se aplica solo S).
<b>8</b>	T0 + Ca	Parcela de adición de Ca, con aplicación de suficiente cantidad de Ca (absorción total de Ca por el cultivo cuando se aplica solo Ca).
<b>9</b>	T0 + Mg	Parcela de adición de Mg, con aplicación de suficiente cantidad de Mg (absorción total de Mg por el cultivo cuando se aplica solo Mg).
<b>10</b>	N, S, Ca, Mg + (Mn)	Aplicación de fertilización completa (N,S, Ca, Mg), más fertilización foliar de micronutriente (Mn).
<b>11</b>	Testigo Absoluto (T0)	Sin fertilización
<b>12</b>	F. Agricultor	Práctica de fertilización del agricultor. Se aplican los fertilizantes usados por el agricultor.

**Elaborado:** Chávez, V. 2015



Como fuente de N se utilizó urea, la cual fue aplicada el 33.3% en forma manual a la siembra, el siguiente 33.3% a los 35 días después de la siembra (dds), al estado V6, y el 33.3% final a los 70 dds, al estado V10.

Las fuentes de Ca, Mg y S fueron Mainstay Ca, Magnesil y azufre, micronizado; respectivamente, aplicado todo a la siembra

La fuente del micronutriente (Mn) fue Kelatex de manganeso, aplicado vía foliar antes de la floración, en tres aplicaciones con intervalos de 15 días

En el Anexo 5, se presenta las cantidades de nutrientes con sus formas químicas en kg/ha para N, Mg, S y en lt/ha para Mn, Ca en los tratamientos del ensayo.

## **B. MATERIALES**

### **1. Material biológico**

Semilla de maíz (Chazo)

### **2. Fertilizantes**

#### **a. Edáficos**

Urea (46% de N), Azufre micronizado (100% S), Mainstay Ca (40%), Magnesil (33%).

#### **b. Foliares**

Kelatex de manganeso (1.5g/5litro)

### **3. Materiales de campo**

Baldes plásticos, Flexómetro, Estacas, Piola, Libro de campo, Tablas de color IRRI.

#### **4. Equipos de campo**

Tractor, Surcadora, Azadones, Bomba de mochila, Cámara fotográfica, GPS (Global Position System), Medidor de clorofila (SPAD), Tabla de Colores IRRI Altímetro.

#### **5. Materiales y equipos de oficina**

Esfero, Lápices, Papel Bond, Computadora, Impresora, Calculadora

#### **6. Características del campo experimental**

##### **a. Características del ensayo**

Numero de Tratamientos: 12

Numero de Repeticiones: 3

Área total ensayo: 896 m<sup>2</sup> (35 m x 25,6 m)

Área neta ensayo: 720 m<sup>2</sup> (36 parcelas de 20 m<sup>2</sup>)

##### **b. Características de la parcela**

Tamaño PG (Parcela grande): 281,6m<sup>2</sup> (25,6 m x 11 m)

Área neta PG (Parcela grande): 240 m<sup>2</sup> (5 m x 4 m x12 Subparcelas)

Tamaño SP (Subparcela): 20 m<sup>2</sup> (5 m x4 m)

Área neta SP (Subparcela): 12 m<sup>2</sup> (4 m x3 m) 3 surcos

Número de surcos/parcela: 5

Número de golpes/surco: 10

Número de plantas/surco: 20

Número de semillas/sitio: 2

#### **7. Diseño experimental**

Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar con su correspondiente fertilización.

### a. Esquema del ADEVA

Fuente de V	GL	
TOTAL	$(r*t) - 1$	35
REPETICIONES	$(r-1)$	2
TRATAMIENTOS	$(t-1)$	11
ERROR	$(r-1) (t-1)$	22

Elaborado: Chávez, V. 2015

### b. Análisis funcional

Se manejó la prueba de Tukey al 5% para calcular el coeficiente de variación que será expresado en porcentaje, con la finalidad de realizar la separación de medias.

### c. Análisis económico

Se realizó el presupuesto parcial y tasa de retorno marginal de los tratamientos, se utilizó el método propuesto por el CIMMYT (1988). Que considerará para el análisis: los resultados de los rendimientos obtenidos ajustados con un factor de ajuste del 10%, el precio actual de campo de maíz, los costos que varían entre los tratamientos.

## C. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y DATOS A TOMARSE

En el transcurso del ensayo se registraron los siguientes datos:

### 1. Variables agronómicas

#### a. Porcentaje de emergencia

Esta variable se evaluó por conteo directo de las plántulas emergidas en toda la parcela en un periodo de tiempo de 15 a 20 días después de la siembra y se expresó en porcentaje en relación al número de semillas sembradas.

Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Emergencia} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Plantas emergidas}}{\text{N}^\circ \text{ semillas sembradas}} \times 100$$

**b. Altura de planta (cm)**

La medición de la altura de plantas se lo realizó con un flexómetro a los 30dds, y después cada tres semanas hasta el estado R1, la medida se tomó desde el cuello de la raíz hasta el ápice terminal, para ello se tomaron 5 plantas al azar de cada parcela neta. Con estos datos se calculó la altura promedio por planta para cada unidad experimental.

**c. Altura de inserción de mazorca (cm)**

Esta variable fue tomada de 5 plantas al azar en cada tratamiento, midiendo con un flexómetro desde el cuello de la planta hasta el punto de inserción de la primera mazorca más cercana al suelo, pocos días antes de la cosecha.

**d. Cuantificación de clorofila**

La cuantificación de clorofila se realizó con el determinador SPAD 502 en unidades SPAD, se midió a los 30dds, y después cada tres semanas hasta el estado R1. Se tomó lecturas en el tercio medio de la hoja apical más desarrollada, para el efecto se tomó 5 plantas al azar de cada parcela neta. Se busca establecer la relación entre cantidad de clorofila y absorción de nitrógeno.

**e. Tabla de comparación de colores IRRI**

Se realizó a los 30dds y después cada tres semanas hasta el estado R1, para el efecto se tomó 10 plantas al azar de cada parcela neta, se realizó la comparación respectiva con la TCC desarrollada por el IRRI. Con esta variable se busca establecer la relación entre cantidad de clorofila y absorción de nitrógeno utilizando una herramienta de fácil acceso para el agricultor.

**f. Población de plantas**

A la cosecha se contó el número de plantas presentes en el área útil de cada parcela, dato que será utilizado para determinar el rendimiento de materia seca.

### g. Contenido de materia seca

A la cosecha (R6), se recolectó 4 plantas al azar de cada parcela neta, se estableció los pesos de materia fresca de grano, tuza y residuos; a continuación, se tomó una submuestra de 500 g para cada una de las partes establecidas; se colocaron en una estufa a 60 °C, hasta peso constante, de esta manera se pudo conocer el porcentaje de materia seca y la biomasa seca en kg/ha; lo que sirvió para el cálculo de extracción de nutrientes del suelo.

Se utilizó las siguientes fórmulas:

$$\%MS = (PSm/PFm) * 100$$

**%MS**= Porcentaje de materia seca

**PSm**= Peso seco de la muestra (g)

**PFm**= Peso fresco de la muestra (g)

$$PMF = \frac{POB \times PMF_{4p}}{4 \text{ plantas}}$$

$$BMS = \frac{PMF \times \% MS}{100}$$

En Donde:

**PMF**= Peso materia fresca en kg/ha

**POB** = Población de plantas por ha (50000 plantas/ha)

**PMF<sub>4p</sub>**= Peso materia fresca de la muestra en kg (4 plantas/parcela neta)

**BMS**= Biomasa de materia seca en kg/ha

**% MS** = Porcentaje de materia seca

### h. Rendimiento en grano

Una vez que las plantas alcancen la madurez fisiológica se cosechó toda el área útil de cada parcela, se registraran los pesos de las mazorcas por parcela neta en kg. Se desgrano y se determinó la humedad del grano y los resultados, se los presento en t ha<sup>-1</sup> de maíz, con 14 % de humedad.

Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$R = P_C \times \frac{100 - H_c}{100 - 14\% H} \times \%D \times 10000 \text{ m}^2 / S_{PN}$$

En Donde:

**R**= rendimiento en kg/ha

**P<sub>c</sub>**= Peso de campo mazorcas (kg/PN)

**H<sub>c</sub>**= Humedad del grano (%)

**14%H**= Humedad ajustada al 14%

**%D**= 85% o el % de desgrane de la variedad

**S<sub>PN</sub>**=Superficie de la parcela neta

#### **i. Contenido de macro y micronutrientes**

Las muestras secas ingresarán al laboratorio, en donde se realizará el análisis químico de macro y micronutrientes.

#### **j. Extracción de nutrientes**

Con los datos de población de plantas, rendimiento de materia seca por órganos y el contenido de macro y micronutrientes se podrá realizar los cálculos para determinar la cantidad de nutrientes extraídos del suelo órganos y total. Se reportará la extracción de nutrientes por hectárea para cada uno de los tratamientos.

Para ello se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$EN = \frac{BMS \times \%N}{100}$$

En donde:

**EN** = Extracción del nutriente en kg/ha

**BMS**= Biomasa de materia seca en kg/ha

**%N** =Concentración de nutriente en porcentaje

## **D. MANEJO DEL EXPERIMENTO**

Este trabajo se inició en la época lluviosa del 2013. Se utilizó semilla seleccionada de Chazo.

### **1. Análisis químico de suelo y tejido vegetal**

Al inicio del experimento se colectaron muestras compuestas de suelo, a una profundidad de 0 a 20 cm, con el propósito de conocer el nivel de fertilidad. Se analizó textura, materia orgánica (MO), pH, N, Ca, Mg, y Mn (micronutriente).

El análisis químico de tejido vegetal se realizó a la madurez fisiológica del cultivo; se tomaron muestras de 4 plantas por parcela neta, fraccionadas en grano, tusa y residuos, con el fin de determinar la extracción de nutrientes.

### **2. Preparación del suelo**

Se realizó la preparación del suelo mediante labranza convencional o tradicional. Primero, la arada o roturación, la cual consiste en voltear al suelo a una profundidad no mayor a 30 cm, con esta labor se consiguió oxigenar el terreno, eliminar las malezas y algunas plagas que se pueden encontrar en el suelo, y facilita la descomposición de residuos de las cosechas que quedaron en el campo.

Se realizaron dos rastras con la finalidad de que el suelo quede suelto, se incorporen los restos vegetales y se nivele la superficie donde se va a sembrar. El surcado se realizó a una distancia de 80 cm.

### **3. Siembra**

La siembra se realizó manualmente colocando 3 semillas de maíz a una distancia de 80 cm entre plantas y 50 cm entre surcos. Se realizó el raleo, dejando 2 plantas por sitio, el rascadillo y aporque se realizó a los 45 días, con un total de 50 000 plantas de maíz/ha.

#### **4. Control de plagas**

Se realizó el control del gusano trozador (*Agrotis sp.*), gusano de la mazorca (*Heliothis zea*) y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), cuando fue considerado necesario de acuerdo a su umbral económico (cuando el daño de la plaga es mayor al 5%) con dos aplicaciones de Lorsban o Endosulfán (120 ml/bomba) cada 15 días.

#### **5. Control de malezas**

El control de malezas se realizó aplicando Atrazina en post emergencia. Si resulta necesario, se realizó posteriores deshierbas manuales a los 35, 70 y 150 dds.

#### **6. Cosecha**

Esta labor se realizó a la madurez fisiológica (R6), se contó el número de mazorcas sanas y mazorcas podridas/parcela neta; así como, el número de plantas por parcela neta. Se registró el peso de mazorcas sanas y podridas en kg/parcela neta y se transformó a t/ha de grano al 14% de humedad.



## V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### A. EMERGENCIA

#### 1. Porcentaje de emergencia

En el análisis de varianza para el porcentaje de emergencia, no se detectó diferencias estadísticas entre tratamientos.

El promedio general del porcentaje de emergencia fue de 87,44%, porcentaje adecuado para este tipo de investigación; el coeficiente de variación fue de 4.06%.

**Cuadro 4.** ADEVA del porcentaje de emergencia, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

F DE V	GL	SC	CM	F.C	SIGNIFICANCIA
<b>TOTAL</b>	35	479,59			
<b>REPETICION</b>	2	45,11	22,56	1,79	ns
<b>TRATAMIENTO</b>	11	156,81	14,26	1,13	ns
<b>ERROR</b>	22	277,67	12,62		
<b>X̄ (%)</b>	<b>87,44</b>				
<b>C DE V</b>	<b>4,06</b>				

**Elaborado:** Chávez, V. 2015 ∴ ns= (>0,05)

La fertilización no tuvo mayor influencia en la emergencia de las plantas de maíz en cada uno de los tratamientos poniéndose en evidencia al no existir diferencias significativas en el análisis de varianza. De acuerdo con Azcón & Tailón, M. (1993), el proceso de emergencia depende de factores importantes como son suministro de agua, aireación del suelo, calidad del semilla, más no de la fertilización, la planta emerge por las reservas que se encuentran en la semilla, siendo importante su calidad.

## B. ALTURA

### 1. Altura de Planta en V3, V6, V7, VT-R1 y R6

Los resultados del análisis de varianza para altura de la planta en las etapas fenológicas V3, V6, V7, VT y R6 después de la siembra se presentan en el (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** ADEVA para altura de planta a la etapa fenológica V3, V6, V7, VT y R6

Fuentes de Variación	GL	Cuadrados medios para altura de planta (cm)					
		V3	V6	V7	VT	R6	
		CM	CM	CM	CM	CM	
TOTAL	35						
REPETICION	2	68,72 **	152,08 ns	107,28 ns	78,36 ns	60,02 ns	
TRATAMIENTO	11	5,25 ns	83,88 ns	77,37 ns	103,99 **	227,35 ns	
ERROR	22	5,43	73,42	58,05	37,72	103,51	
$\bar{X}$ (cm)		<b>29,51</b>	<b>93,33</b>	<b>103,08</b>	<b>129,39</b>	<b>142,13</b>	
C DE V (%)		<b>7,90</b>	<b>9,18</b>	<b>7,39</b>	<b>4,75</b>	<b>7,16</b>	

Elaborado: Chávez, V. 2015

∴ \*\* = (<0,01), ∴ ns = (>0,05)

En el análisis de varianza para altura de planta en las etapas fenológicas, Cuadro 5, existe diferencias altamente significativas para altura de planta en V3 para repeticiones y en VT para tratamientos.

Los promedios generales fueron 29,51cm y 129,39cm; con coeficientes de variación de 7,90% y 4,75%, los cuales son aceptables para las variables mencionadas.

En los otros estados fenológicos evaluados la altura en planta no presenta diferencias estadísticas.

### 2. Prueba de tukey para altura a la etapa fenológica V3, V6, V7, VT-R1 y R6

En la prueba de Tukey al 5%, para altura de la planta a las etapas fenológicas V3, V6, V7, VT- R1 y R6, se presenta en el Cuadro 6.

**Cuadro 6.** Prueba de Tukey al 5% para altura de plantas, en las etapas fenológicas V3, V6, V7, VT – R1 y R6, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Especifico (MNSE), Chazo 2014.

FERTILIZACIÓN	SIGNIFICADO	Altura de planta (cm) - Etapas Fenológicas				
		V3	V6	V7	VT-R1	R6
<b>T1</b>	FC	31,07	100,33	114,33	140,67 a	154,33
<b>T2</b>	(-N)	27,13	82,67	103,73	132,00 ab	140,33
<b>T3</b>	(-S)	30,27	96,67	105,00	134,67 ab	142,33
<b>T4</b>	(-Ca)	29,93	90,00	99,33	134,00 ab	153,33
<b>T5</b>	(-Mg)	29,20	98,00	104,33	128,33 ab	145,33
<b>T6</b>	(T0 + N)	30,20	97,67	105,67	122,67 ab	129,67
<b>T7</b>	(T0 + S)	27,40	90,00	97,33	125,00 ab	145,00
<b>T8</b>	(T0 + Ca)	28,33	88,33	97,33	124,33 ab	135,67
<b>T9</b>	(T0 + Mg)	30,07	91,33	98,33	122,33 b	135,00
<b>T10</b>	(FC + Mn)	31,33	99,67	108,67	134,67 ab	154,33
<b>T11</b>	T 0	30,00	93,33	101,67	124,00 ab	130,53
<b>T12</b>	T AGRIT.	29,13	92,00	101,00	130,00 ab	139,67

Elaborado: Chávez, V. 2015

### **3. Prueba de Tukey al 5% para altura al estado VT después de la siembra**

En la prueba de Tukey al 5%, para la altura en la etapa fenológica VT (Cuadro7) para tratamientos presenta dos rangos; en el rango “a” con la mayor altura se ubica el tratamiento con fertilización completa (T1) y en el rango “b” el tratamiento testigo con magnesio (T9). Con una altura de 140,67cm y 122,33cm respectivamente.

**Cuadro 7.** Prueba de Tukey al 5% para altura VT después de la siembra

<b>FERTILIZACIÓN</b>	<b>SIGNIFICADO</b>	<b>Altura VT (cm)</b>	
<b>T1</b>	FC	140,67	A
<b>T2</b>	(-N)	132,00	ab
<b>T3</b>	(-S)	134,67	ab
<b>T4</b>	(-Ca)	134,00	ab
<b>T5</b>	(-Mg)	128,33	ab
<b>T6</b>	(T0 + N)	122,67	ab
<b>T7</b>	(T0 + S)	125,00	ab
<b>T8</b>	(T0 + Ca)	124,33	ab
<b>T9</b>	(T0 + Mg)	122,33	b
<b>T10</b>	(FC + Mn)	134,67	ab
<b>T11</b>	T 0	124,00	ab
<b>T12</b>	T AGRIT.	130,00	ab

**Elaborado:** Chávez, V. 2015

En la etapa fenológica VT, presenta mayor crecimiento la FC (fertilización completa) respecto a los tratamientos donde se omiten fertilizantes. Esto concuerda con Fairhurst & Witt (2002), quienes indican que el aporte de nutrientes se evalúa mediante la técnica de parcelas de omisión, con la que se puede determinar el suplemento de nutrientes nativos del suelo por su acumulación en el cultivo sin fertilizar con el nutriente de interés, pero fertilizado en cantidades suficientes con otros nutrientes para asegurarse que la ausencia de éstos no limite el crecimiento.

Se observó que la mayor parte del desarrollo vegetativo se llevó a cabo desde la emergencia hasta la etapa VT-R1 (estigmas visibles), pero no todas tienen un crecimiento uniforme, y después de esta etapa hasta R6 el crecimiento es limitado; estableciéndose que luego de la floración, el crecimiento de la planta es mínimo, puesto que el cultivo se enfoca en enviar las reservas nutritivas hacia el grano, deteniéndose de esta manera el crecimiento uniforme de la planta.

## C. ALTURA DE INSERCIÓN DE LA MAZORCA

### 1. Altura de inserción de mazorca

Los resultados del análisis de varianza para altura de inserción de mazorca se presentan en el (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** ADEVA para altura de inserción de mazorca.

F DE V	GL	SC	CM	F.C	SIGNIFICANCIA
TOTAL	35	1947,64			
REPETICION	2	130,39	65,19	1,39	NS
TRATAMIENTO	11	788,31	71,66	1,53	NS
ERROR	22	1028,94	46,77		
$\bar{X}$ (cm)					57,19
C DE V (%)					11,96

Elaborado: Chávez, V. 2015

$\therefore ** = (<0,01)$ ,  $\therefore ns = (>0,05)$

En el análisis de varianza para altura de inserción de mazorca, Cuadro 8, no existe diferencias significativas entre tratamientos, siendo el promedio general 57.19cm y el con coeficiente de variación 11.96 %.

La altura de inserción de la mazorca, para esta localidad según GUACHO, E (2013), alcanza un promedio de 90,2cm, valor superior al dato obtenido en la presente investigación. Lo cual pudo ser influenciado por las condiciones de sequía dominantes durante el presente ciclo de cultivo.

## D. CUANTIFICACIÓN DE LA CLOROFILA

### 1. Cuantificación de la clorofila en las etapas V3, V6, V7 y VT después de la siembra

Los resultados del análisis de varianza para la cuantificación de la clorofila en las etapas fenológicas V3, V6, V7 y VT se presenta en el Cuadro 9.

**Cuadro 9.** ADEVA de la concentración de clorofila de las hojas en las etapas fenológicas V3, V6, V7, VT, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

Fuentes de Variación	GL	Cuadrados Medios para clorofila (SPDA)			
		V3	V6	V7	VT
		CM	CM	CM	CM
TOTAL	35				
REPETICION	2	16,72 ns	0,34 ns	9,44 ns	7,94 ns
TRATAMIENTO	11	102,85 **	59,29 *	320,72 **	486,18 **
ERROR	22	14,58	20,16	45,40	74,21
$\bar{X}$		<b>29,55</b>	<b>30,10</b>	<b>40,90</b>	<b>35,20</b>
C DE V (%)		<b>12,92</b>	<b>14,92</b>	<b>16,47</b>	<b>24,47</b>

Elaborado: Chávez, V. 2015

$\therefore ** = (<0,01)$ ,  $\therefore ns = (>0,05)$

En el análisis de varianza para el contenido de clorofila en los diferentes tratamientos de fertilización en las etapas fenológicas V3, V7 y VT (Cuadro 9), presenta diferencias altamente significativas; y significancia estadística para V6.

Los promedios generales fueron de 29.55, 30.10, 40.90, 35.20 y (grados SPAD); con coeficientes de variación de 12.92%, 14.92%, 16.47% y 24.47%, respectivamente.

## **2. Prueba de tukey al 5% en las etapas fenológicas V3, V6, V7 y VT después de la siembra**

La prueba de Tukey al 5% para concentración de clorofila de las hojas por etapas fenológicas (Cuadro 10), detectó cuatro rangos de significación para fertilización en V3 donde las concentraciones más altas de clorofila se encuentran en los tratamientos con fertilización completa menos calcio (T4) con 38.13, mientras que el valor más bajo de concentración fue para la fertilización completa menos nitrógeno (T2) con 22.77 unidades SPAD. En V6 detectó dos rangos de significación, en el rango “a” se ubicó Testigo del agricultor (T12) con 37.77, mientras que en rango “b” se ubicó el tratamiento con fertilización completa menos calcio (T4) con 22.83 unidades SPAD.

En V7 detectó cuatro rangos de significación, en el rango “a” se ubicó tratamiento con fertilización completa (T1) con 54.00, mientras que en rango “d” se ubicó el tratamiento completo menos nitrógeno (T2) con 26.27 unidades SPAD. En VT detectó dos rangos

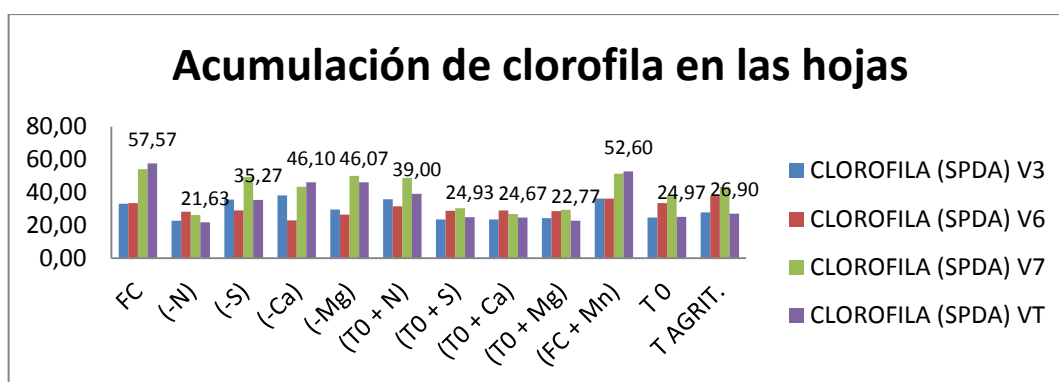
de significación, en el rango “a” se ubicó el tratamiento con fertilización completa (T1) con 57.57, mientras que en rango “b” se ubicó el tratamiento con fertilización completa menos nitrógeno (T2) con 21,63 unidades SPAD.

La concentración de clorofila alcanza su más alto valor hasta V7, habiendo una leve disminución hasta VT, esto se debe a que el nitrógeno en esta etapa, empieza a ser translocado hacia el grano.

**Cuadro 10.** Tukey al 5 % para concentración de clorofila de las hojas tomado en las etapas fenológicas V5, V10, VT-R1, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

FERTILIZACIÓN SIGNIFICADO		CLOROFILA (SPDA)			
		V3	V6	V7	VT
<b>T1</b>	FC	33,07 abcd	33,47 ab	54,00 a	57,57 a
<b>T2</b>	(-N)	22,77 d	28,17 ab	26,27 d	21,63 b
<b>T3</b>	(-S)	35,57 abc	28,93 ab	49,30 ab	35,27 b
<b>T4</b>	(-Ca)	38,13 a	22,83 b	43,33 abcd	46,10 ab
<b>T5</b>	(-Mg)	29,57 abcd	26,33 ab	49,97 ab	46,07 ab
<b>T6</b>	(T0 + N)	35,77 ab	31,43 ab	48,87 abc	39,00 ab
<b>T7</b>	(T0 + S)	23,53 d	28,77 ab	30,20 bcd	24,93 b
<b>T8</b>	(T0 + Ca)	23,47 d	28,83 ab	26,73 d	24,67 b
<b>T9</b>	(T0 + Mg)	24,23 cd	28,60 ab	29,27 cd	22,77 b
<b>T10</b>	(FC + Mn)	36,07 a	36,07 ab	51,30 a	52,60 a
<b>T11</b>	T 0	24,67 bcd	33,43 ab	38,43 bcd	24,97 b
<b>T12</b>	T AGRIT.	27,70 abcd	37,77 a	43,27 abcd	26,90 b

Elaborado: Chávez, V. 2015



Elaborado: Chávez, V. 2015

**Gráfico 1.** Promedio general de acumulación de clorofila en las hojas (en grados SPAD), en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

En el gráfico 1, se aprecia una clara tendencia, del efecto del nitrógeno sobre la mayor concentración de clorofila con respecto a fertilización sin nitrógeno, lo que concuerda con Dobermann & Fairhurst, (2000), quienes expresan que la concentración de N en las hojas está estrechamente relacionada con la tasa de fotosíntesis en las hojas y la producción de biomasa del cultivo

De la misma manera se destaca una mayor concentración de clorofila en la etapa VT, excepto en los tratamientos sin nitrógeno, al igual que se nota un incremento de concentración de clorofila desde V3 hasta V7, y a partir de esta etapa empieza a disminuir la concentración. Los niveles de concentración de N en todos los tratamientos son óptimos, principalmente por la alta concentración de N nativo del suelo, sin embargo, se puede observar una mayor concentración de clorofila en aquellos tratamientos con fertilización nitrogenada frente a aquellos que no la poseen.

## E. TABLA DE COMPARACIÓN DE COLORES IRRI

### 1. Índice de verdor de las hojas en las etapas fenológicas V3, V6, V7 y VT.

Los resultados del análisis de varianza para el índice de verdor de las hojas según las etapas fenológicas, se presenta en el Cuadro 11.

**Cuadro 11.** ADEVA del índice de verdor de las hojas tomado en las etapas fenológicas V3, V6, V7 y VT, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

F DE V	G L	Cuadrados medios para índice de verdor hojas - Etapas Fenológicas			
		V3	V6	V7	VT
		CM	CM	CM	CM
TOTAL	35				
REPETICION	2	0,08    Ns	0,12    ns	0,03    ns	0,15    ns
TRATAMIENTOS	11	0,13    Ns	0,19    **	0,59    **	2,85    **
ERROR	22	0,15	0,04	0,08	0,14
<b>X̄</b>		<b>2,99</b>	<b>3,09</b>	<b>3,37</b>	<b>3,00</b>
<b>C DE V (%)</b>		<b>12,75</b>	<b>6,74</b>	<b>8,41</b>	<b>12,57</b>

Elaborado: Chávez, V. 2015

∴ \*\* = (<0,01), ∴ ns = (>0,05)



El análisis de varianza para las etapas fenológicas de la planta, señala que el índice de verdor en V6, V7 Y VT presenta diferencias altamente significativas; y en V3 no presenta diferencias estadísticas.

Los promedios generales fueron de 3.09, 3.37 y 3.00; con coeficientes de variación de 6.74%, 8.41% y 12.57%, respectivamente.

## **2. Prueba de Tukey al 5% en las etapas fenológicas V3, V6, V7 y VT después de la siembra**

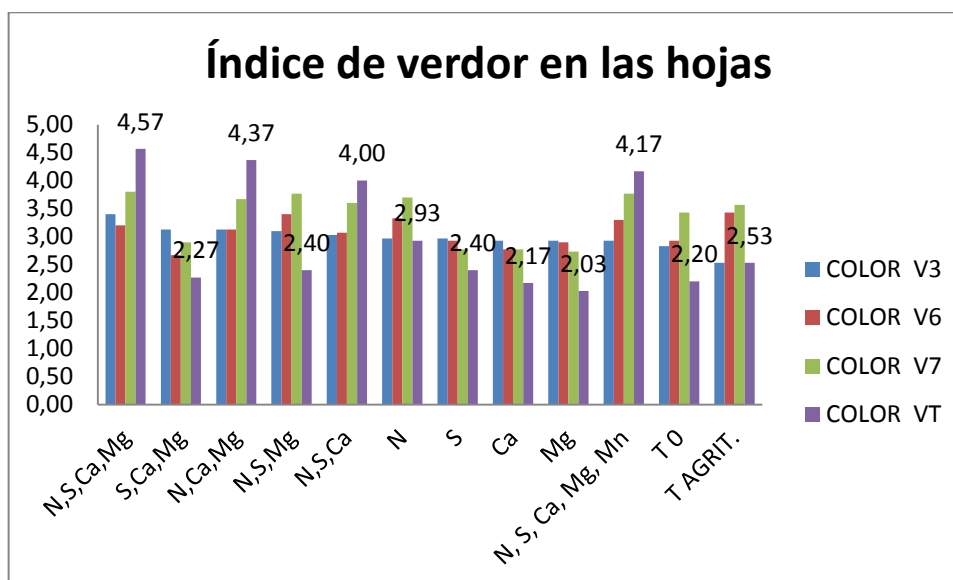
En la prueba de Tukey al 5% para índice de verdor de hojas por etapas fenológicas (Cuadro 12), identificó cuatro rangos de significación para V7 y tres rangos de significación para V6 y VT.

En V6 detectó tres rangos de significación, en el rango “a” se ubicó el tratamiento con fertilización del agricultor (T12) con 3.43, mientras que en rango “c” se ubicó el tratamiento con fertilización completa menos nitrógeno (T2) 2.67. En V7 detectó cuatro rangos de significación, en el rango “a” se ubicó T1 (FC) con 3.80, mientras que en rango “d” se ubicó T9 (T0+Mg) con 2.73. En VT detectó tres rangos de significación, en el rango “a” se ubicó T1 (FC) con 4.57, mientras que en rango “c” se ubicó T9 (T0+Mg) con 2.03.

**Cuadro 12.** Prueba de Tukey al 5 % para el índice de verdor de las hojas tomado en las etapas fenológicas V3, V6, V7, VT, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

FERTILIZACIÓN	SIGNIFICADO	Índice de verdor de hojas – Etapas Fenológicas			
		V3	V6	V7	VT
<b>T1</b>	FC	3,40	3,20 abc	3,80 a	4,57 a
<b>T2</b>	(-N)	3,13	2,67 c	2,90 bcd	2,27 c
<b>T3</b>	(- S)	3,13	3,13 abc	3,67 ab	4,37 a
<b>T4</b>	(- Ca)	3,10	3,40 a	3,77 a	2,40 c
<b>T5</b>	(- Mg)	3,03	3,07 abc	3,60 abc	4,00 ab
<b>T6</b>	(T0 + N)	2,97	3,33 ab	3,70 ab	2,93 bc
<b>T7</b>	(T0 + S)	2,97	2,93 abc	2,77 cd	2,40 c
<b>T8</b>	(T0 + Ca)	2,93	2,77 bc	2,77 cd	2,17 c
<b>T9</b>	(T0 + Mg)	2,93	2,90 abc	2,73 d	2,03 c
<b>T10</b>	FC + Mn	2,93	3,30 ab	3,77 a	4,17 a
<b>T11</b>	T 0	2,83	2,93 abc	3,43 abcd	2,20 c
<b>T12</b>	T AGRIT.	2,53	3,43 a	3,57 abcd	2,53 c

Elaborado: Chávez, V. 2015



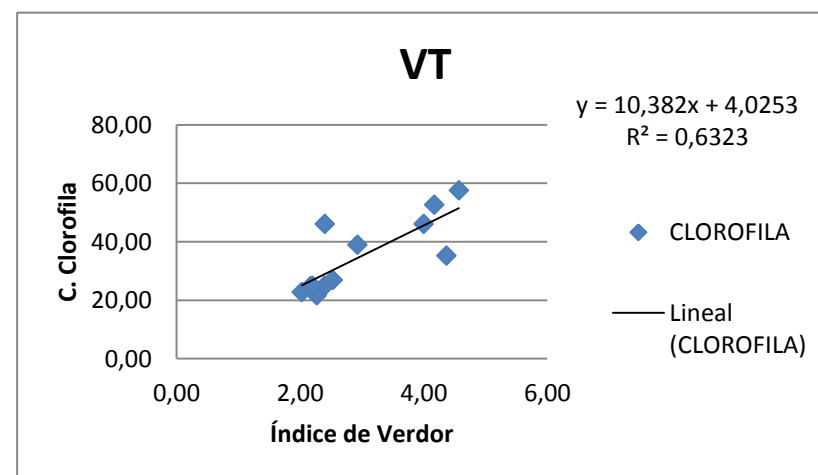
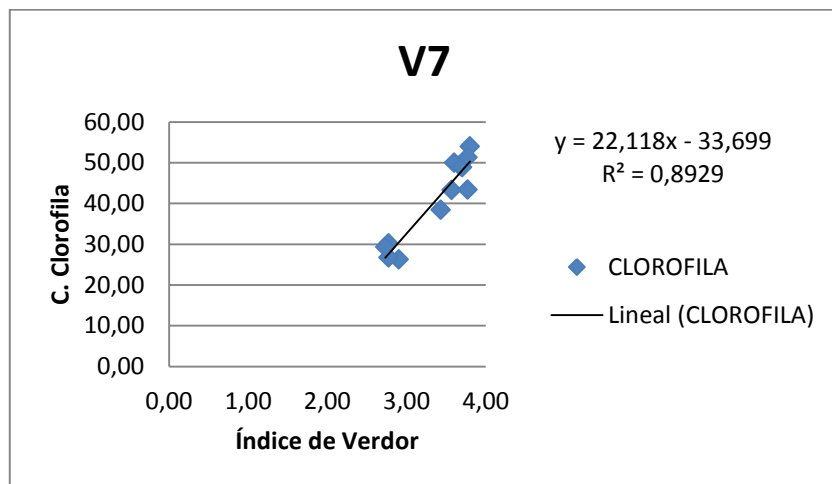
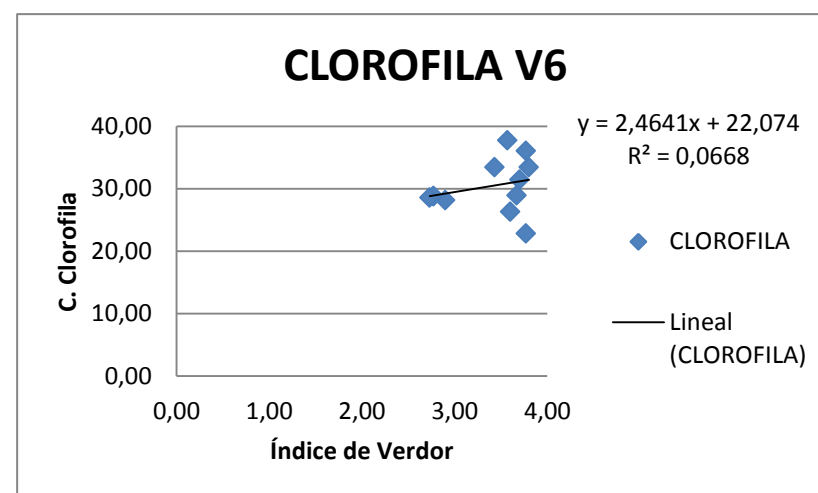
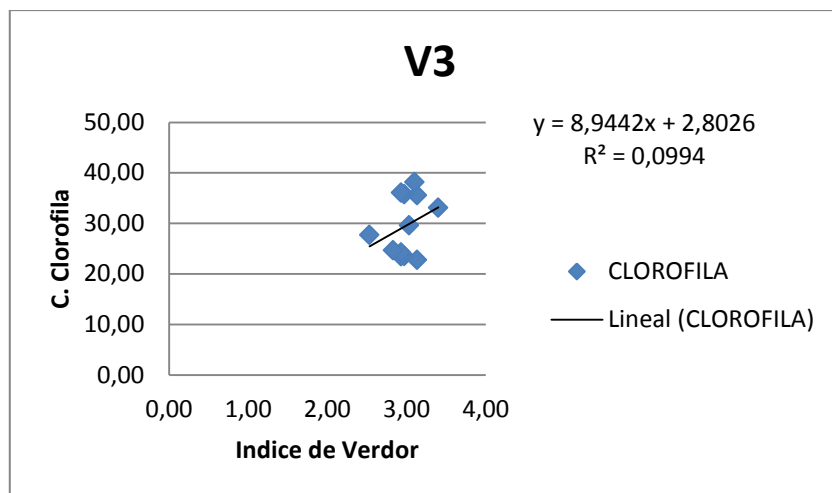
Elaborado: Chávez, V. 2015

**Gráfico 2.** Índice de verdor en las hojas según tratamientos, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

Se observa que la fertilización con nitrógeno presenta un índice de color más alto con respecto a fertilización sin nitrógeno. Lo que concuerda con lo señalado por Alvarado et al., (2011) y Dobermann & Fairhurst, (2000), quienes expresan que el contenido de N en la planta está estrechamente relacionado con el verdor de la hoja y el rendimiento del grano.

**3. Correlación entre el índice de verdor y la concentración de clorofila en las hojas de maíz, en el manejo de nutrientes por sitio específico (MNSE), Chazo 2014.**

Debido a que el contenido de nitrógeno en la planta está estrechamente asociado con el verdor de la hoja y el rendimiento del grano, este puede ser ajustado con el uso de la tabla de comparación de colores IRRI



**Elaborado:** Chávez, V. 2015      \*V3= 3 hojas; \*\*V6= 6 hojas; \*\*\*V7= 7 hojas; \*\*\*\*VT-R1= panoja-sedas

**Gráfico 3.** Correlación entre el índice de verdor y concentración de clorofila (SPAD) en hojas de maíz, según las etapas fenológicas, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

El cultivo de maíz remueve grandes cantidades de nitrógeno del suelo, además este nutriente es susceptible de perderse de forma natural por volatilización o lixiviación, es por ello que conociendo las etapas fisiológicas de mayor sensibilidad se fracciono su aplicación, a la siembra, en V3 y V6.

En el gráfico 3, se puede observar el coeficiente de correlación “R”, expresados en porcentaje fue de 31.53 % en V3, 25.84% en V6, 95.5% en V7 y 79.51% en VT. No existe relación en las etapas fenológicas V3 y V6 por la presencia de ceniza volcánica, se obtuvo datos errados a pesar de haber realizado una limpieza previa de la hoja, debido a que el área de medida del equipo es muy pequeña. Esto concuerda con expresado por Brito (2009), indica que el área de medida del medidor de clorofila es pequeña de 2 x 3mm y el método de medida es por la diferencia de densidad óptica en dos longitudes de onda. Y existe una mayor relación entre estos dos instrumentos, cuando no existe la presencia de ceniza volcánica.

En el Cuadro 13, presentamos el valor del medidor de clorofila SPAD relacionado a la tabla de colores IRRI para esta zona.

**Cuadro 13.** Correlación entre el índice de verdor y concentración de clorofila en las hojas de maíz, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Especifico (MNSE). Chazo 2014.

<b>COLOR</b>	<b>CLOROFILA</b>
<b>Valor IRRI</b>	<b>Valor SPAD</b>
2	14,9
2,5	19,7
3	24,6
3,5	29,5
4	34,4
4,5	39,2
5	44,1

**Elaborado:** Chávez, V. 2015

## F. POBLACION DE PLANTAS

### 1. Número de plantas por parcela neta

Los resultados del análisis de varianza para el número de plantas por parcela neta, se presenta en el Cuadro 14, donde se aprecia que no existe diferencias significativas entre tratamientos, en consecuencia los resultados de las variables que compara valores de rendimiento por parcela, dependen específicamente de los efectos de los tratamientos. El coeficiente de variación es de 5.32%.

**Cuadro 14.** ADEVA para el número de plantas por parcela neta en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

POBLACIÓN DE PLANTAS (P/N)				
Fuentes de Variación	GL	CM	F	SIGNIFICANCIA
TOTAL	35			
REPETICION	2	14,78	2,78	ns
TRATAMIENTO	11	4,90	0,92	ns
ERROR	22	5,32		
$\bar{X}$ (cm)		43,39		
C DE V (%)		5,32		

Elaborado: Chávez, V. 2015

$\therefore ** = (<0,01)$ ,  $\therefore ns = (>0,05)$

Esto concuerda con lo expresado por INIAP, (2011), quienes señalan que para la siembra, se recomienda una población de 50.000 plantas/ha a una distancia de 80cm entre surcos y 50 cm entre plantas, con 2 y 3 semillas por sitio. Al aumentar la población de plantas mejora la eficiencia del uso del fertilizante, existe menos competencia con malezas y se incrementa en rendimiento de grano.

## G. CONTENIDO DE MATERIA SECA

### 1. Materia seca en grano, tusa, residuos y total (T/ha)

Los resultados del análisis de varianza para materia seca en grano, tusa, residuos y total (t/ha) se presentan en el Cuadro 15.

**Cuadro 15.** ADEVA para materia seca en grano, tusa residuos y total (t/ha) en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

Fuentes de Variación	GL	Cuadrados Medios					
		GRANO		TUSA		RESIDUOS	
		CM		CM		CM	
TOTAL	35						
REPETICION	2	0,21	ns	0,09	ns	0,26	Ns
TRATAMIENTO	11	2,28	**	0,15	*	2,63	**
ERROR	22	0,67		0,05		0,62	
<b>X̄ (t/ha)</b>		<b>4,57</b>		<b>1,09</b>		<b>4,43</b>	
<b>C DE V (%)</b>		<b>17,91</b>		<b>19,67</b>		<b>17,78</b>	
						<b>14,68</b>	

Elaborado: Chávez, V. 2015

∴ \*\* = (<0,01), ∴ ns = (>0,05)

En el análisis de varianza para materia seca en grano, tusa, residuos y total (t/ha), Cuadro 15, presenta alta significancia estadística para materia seca de grano, residuo y total. Los promedios generales fueron de 4.57 t/ha, 4.43 t/ha y 10.09 t/ha; con coeficientes de variación de 17.91%, 17.78% y 14.68%, respectivamente. Además existe diferencia significativa en el contenido de materia seca de tusa con promedio de 1.09 t/ha y con coeficiente de variación de 19,67%.

## **2. Prueba de Tukey al 5% para materia seca en grano, tusa, residuos y total (kg/ha)**

En la prueba de Tukey al 5% para materia seca en grano, tusa, residuos y total (t/ha) (Cuadro 16), para materia seca en grano se detectó dos rangos de significación, en el rango “a” se ubicó el tratamiento de fertilización completa más manganeso (T10) con 5.97 t/ha, mientras que en rango “b” se ubicó el testigo absoluto más calcio (T8) con 3.42 t/ha.

Para materia seca en tusa se identificó un rango de significación, el valor más alto fue alcanzado por el tratamiento con fertilización completa más manganeso (T10) con 1.47 t/ha y el valor más bajo para el testigo absoluto (T11) con 0.83 t/ha. En materia seca en residuos se detectó tres rangos de significación, en el rango “a” se ubicó para el tratamiento con fertilización completa más manganeso (T10) con 5.98 t/ha; mientras que en el rango “c” se ubicó el testigo absoluto (T11) con 2, 99 t/ha.

En materia seca total identificó dos rangos de significación, en el rango “a” se ubicó el tratamiento con fertilización completa más manganeso (T10) con 13.41 t/ha; mientras que en el rango “b” se ubicó el testigo absoluto (T11) con 7.38 t/ha.

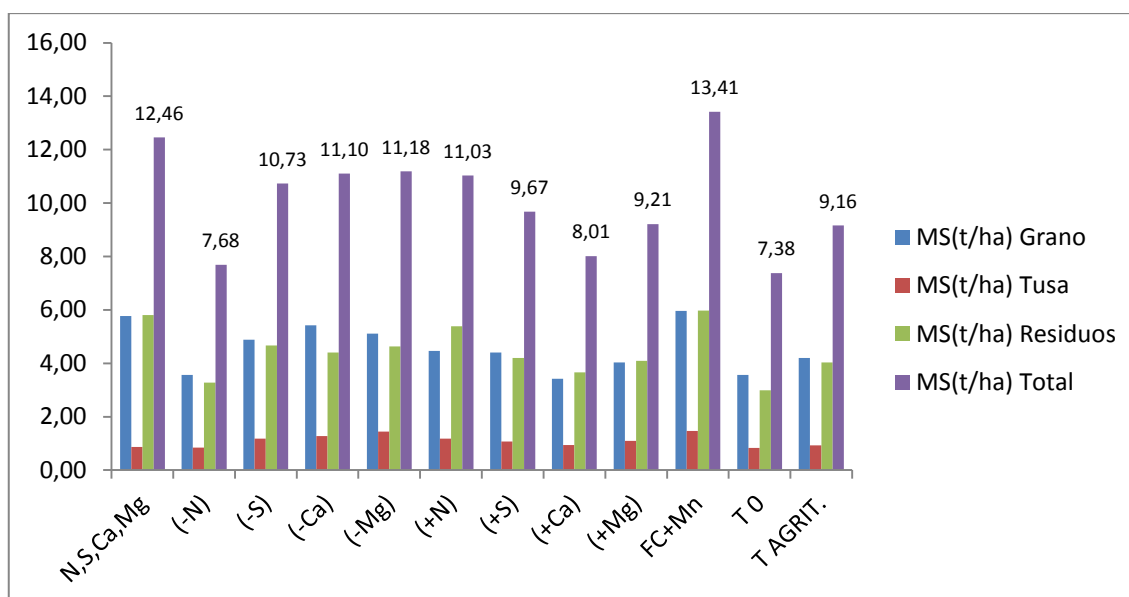
**Cuadro 16.** Tukey al 5 % para materia seca en grano, tusa, residuos y total (t/ha), en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

FERTILIZACIÓN	SIGNIFICADO	Materia Seca (t/ha)					
		Grano		Tusa	Residuos		Total
<b>T1</b>	FC	5,77	ab	0,87	5,81	A	12,46 a
<b>T2</b>	(-N)	3,56	ab	0,84	3,28	bc	7,68 b
<b>T3</b>	(- S)	4,88	ab	1,18	4,67	abc	10,73 ab
<b>T4</b>	(- Ca)	5,43	ab	1,27	4,40	abc	11,10 ab
<b>T5</b>	(- Mg)	5,12	ab	1,44	4,63	abc	11,18 ab
<b>T6</b>	(T0 + N)	4,47	ab	1,18	5,39	ab	11,03 ab
<b>T7</b>	(T0 + S)	4,40	ab	1,08	4,20	abc	9,67 ab
<b>T8</b>	(T0 + Ca)	3,42	b	0,93	3,66	abc	8,01 b
<b>T9</b>	(T0 + Mg)	4,03	ab	1,09	4,09	abc	9,21 ab
<b>T10</b>	FC + Mn	5,97	a	1,47	5,98	A	13,41 a
<b>T11</b>	T 0	3,56	ab	0,83	2,99	C	7,38 b
<b>T12</b>	T AGRIT.	4,20	ab	0,93	4,03	abc	9,16 ab

**Elaborado:** Chávez, V. 2015

En grano y residuos se puede observar una mayor producción de materia seca cuando existe una fertilización con N. En el caso de la producción de materia seca en tusa, existe solamente una mínima tendencia de mayor producción en los tratamientos con fertilización nitrogenada, sin embargo todos los tratamientos se ubican en el mismo rango; así también los micronutrientes inducen a incrementar la producción de materia seca, observando en el tratamiento con fertilización completa más manganeso (T10), respecto a la fertilización completa (T1), se ve estadísticamente superior en los tratamientos señalados, razón por la cual ocupa el rango “a” con valores de 13.41 t/ha para el tratamiento con fertilización completa más manganeso (T10) y 12.46 t/ha para el tratamiento con fertilización completa (T1).





Elaborado: Chávez, V. 2015

**Gráfico 4.** Contenido de materia seca en grano, tusa, residuos y total (t/ha) en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

En el gráfico 4, se observa que la disponibilidad de nutrientes que tenga la planta, influyen directamente en la producción de materia seca de los diferentes órganos de la planta. Demostrando que los mejores rendimientos se obtuvieron con los tratamientos de fertilización completa más manganeso (T10), seguido por la fertilización completa (T1), donde se ve reflejado una mayor cantidad de extracción de nutrientes.

Indicándonos que la producción de materia seca por órganos, está directamente determinado por la disponibilidad suficiente, o la falta de nutrientes proporcionados al cultivo según los diferentes tratamientos en estudio. En comparación con el testigo absoluto (T11), donde el rendimiento está limitado únicamente a producir según la disponibilidad de nutrientes nativos del suelo. Lo que concuerda con lo expresado por el Manual Agropecuario (2004), expresan que la fertilidad está en función principal de la eficiencia en este ciclo de reciclaje continuo de nutrimentos disponibles.

## H. RENDIMIENTO EN GRANO

### 1. Rendimiento en grano al 14% de humedad

Los resultados del análisis de varianza para el rendimiento en grano al 14% humedad (Cuadro 17), presenta alta significancia. El promedio general es 3.67t/ha; cuyo coeficientes de variación es de 14.71%.

**Cuadro 17.** ADEVA del rendimiento en grano al 14% de humedad, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

Fuentes de Variación	GL	Cuadrados Medios para Rendimiento (T/ha)		
		CM	F	SIGNIFICANCIA
TOTAL	35			
REPETICION	2	0,06	0,21	ns
TRATAMIENTO	11	1,99	6,82	**
ERROR	22	0,29		
<b>X̄</b>		<b>3,67</b>		
<b>C DE V (%)</b>		<b>14,71</b>		

Elaborado: Chávez, V. 2015

∴ \*\* = (<0,01), ∴ ns = (>0,05)

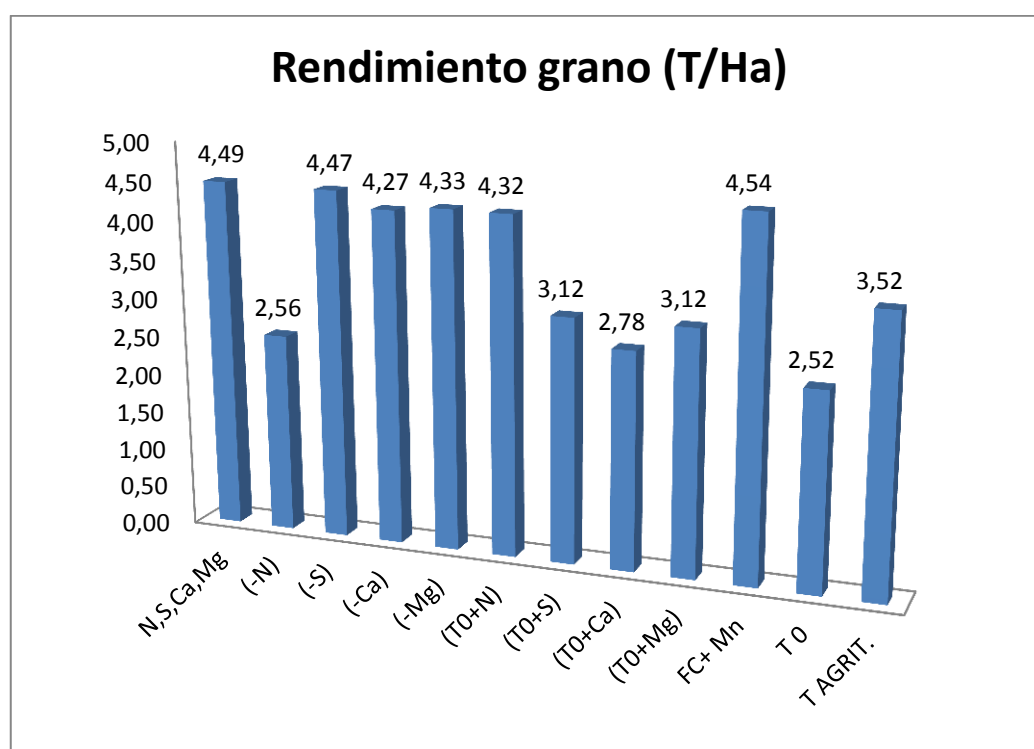
## **2. Prueba de Tukey al 5% para rendimiento en grano al 14% de humedad**

En la prueba de Tukey al 5% para rendimiento en grano al 14% de humedad (t/ha) (Cuadro 18), se destaca el tratamiento con fertilización completa más manganeso (T10) con 4,54 t/ha, por lo que se ubica en el rango “a”, mientras que en el rango “c” se ubicó el testigo absoluto (T11) con 2.52 t/ha y el tratamiento completo menos nitrógeno (T2) con 2.56 t/ha.

**Cuadro 18.** Tukey al 5 % rendimiento en grano al 14% de humedad, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

FERTILIZACIÓN	SIGNIFICADO	RENDIMIENTO GRANO (T/HA)	
<b>T1</b>	N,S,Ca,Mg	4,49	a
<b>T2</b>	(-N)	2,56	c
<b>T3</b>	(-S)	4,47	a
<b>T4</b>	(-Ca)	4,27	ab
<b>T5</b>	(-Mg)	4,33	ab
<b>T6</b>	(T0+N)	4,32	ab
<b>T7</b>	(T0+S)	3,12	abc
<b>T8</b>	(T0+Ca)	2,78	bc
<b>T9</b>	(T0+Mg)	3,12	abc
<b>T10</b>	FC+ Mn	4,54	a
<b>T11</b>	T 0	2,52	c
<b>T12</b>	T AGRIT.	3,52	abc

Elaborado: Chávez, V. 2015



Elaborado: Chávez, V. 2015

**Gráfico 5.** Rendimiento en grano (T/ha) en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

Se observa que al suprimir el N el rendimiento del cultivo disminuye drásticamente, seguido por la omisión de S; mientras que, la limitación por omisión de Ca y Mg es casi inexistente.

Con la fertilización completa (T1) se obtuvo un rendimiento de 4,49 t/ha; mientras que si omitimos a la fertilización completa nitrógeno (T2) se obtuvo 2.56 t/ha, con la omisión de azufre (T3) se obtuvo 4.47 T/ha, con la omisión de calcio (T4) se obtuvo 4.27 t/ha y con la omisión de magnesio (T5) se obtuvo 4.33 t/ha.

En la fertilización por adición, determinó que el rendimiento del testigo absoluto (T11) alcanzó 2.52 t/ha; mientras que con la adición de nitrógeno al testigo absoluto (T6) el rendimiento se incrementa a 4.32 t/ha, con azufre (T7) 3.12 t/ha, con calcio (T8) 2.78 t/ha y con magnesio (T9) se incrementa a 3.12 t/ha.

El rendimiento para el tratamiento fertilización completa más manganeso (T10) fue de 4.54 t/ha.

El mayor rendimiento del grano se presenta en aquellos tratamientos con fertilización nitrogenada, lo que concuerda con Alvarado *et al.*, (2011), en los ensayos de MNSE realizados en la provincia Bolívar, donde se estableció que el N era el elemento más importante que determina el rendimiento de grano.

### **3. Eficiencia Agronómica**

Esta variable no fue contemplada, sin embargo se la incluye por su relevancia, para conocer la cantidad de grano que aumenta o disminuye por kg de fertilizante aplicado (Cuadro 19), es así que se puede observar que cuando existe la omisión de un nutriente con respecto a la fertilización completa de macronutrientes (FC) el rendimiento disminuye.

En caso del N, al ser adicionado al suelo, junto con el resto de macronutrientes en estudio, representaría un incremento en producción de 16.1 kg de grano por cada kg de nitrógeno al ser adicionado. Lo mismo ocurre con el S con 0.7 kg de grano por cada kg de S, el Ca con 5.5 kg de grano por cada kg de Ca y el Mg con 4 kg de grano por cada kg de Mg adicionado. En esta investigación, la omisión de micronutrientes está enfocada con respecto a la fertilización completa más manganeso (T10), se puede observar que la representaría un incremento en la producción de 166,7 kg de grano por cada kg de manganeso adicionado.

La eficiencia agronómica por adición de un elemento, se enfoca al aumento o disminución de grano cuando existe la adición de un nutrimento (en forma de fertilizante químico), respecto al testigo absoluto (T11).

En el caso del N existe un aumento del rendimiento de 15.0 kg de grano por cada kg de nitrógeno adicionado. Lo mismo ocurre con el S con 20 kg de grano por cada kg de azufre, el Ca con 6.5 kg de grano por cada kg de calcio y el Mg con 15 kg de grano por cada kg de magnesio adicionado.

**Cuadro 19.** Eficiencia agronómica (Ea), en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

NUTRIENTES	Eficiencia Agronómica (kg/kg)				
	N	S	Ca	Mg	Mn
<b>OMISION</b>	16,1	0,7	5,5	4,0	166,7
<b>ADICION</b>	15,0	20,0	6,5	15,0	

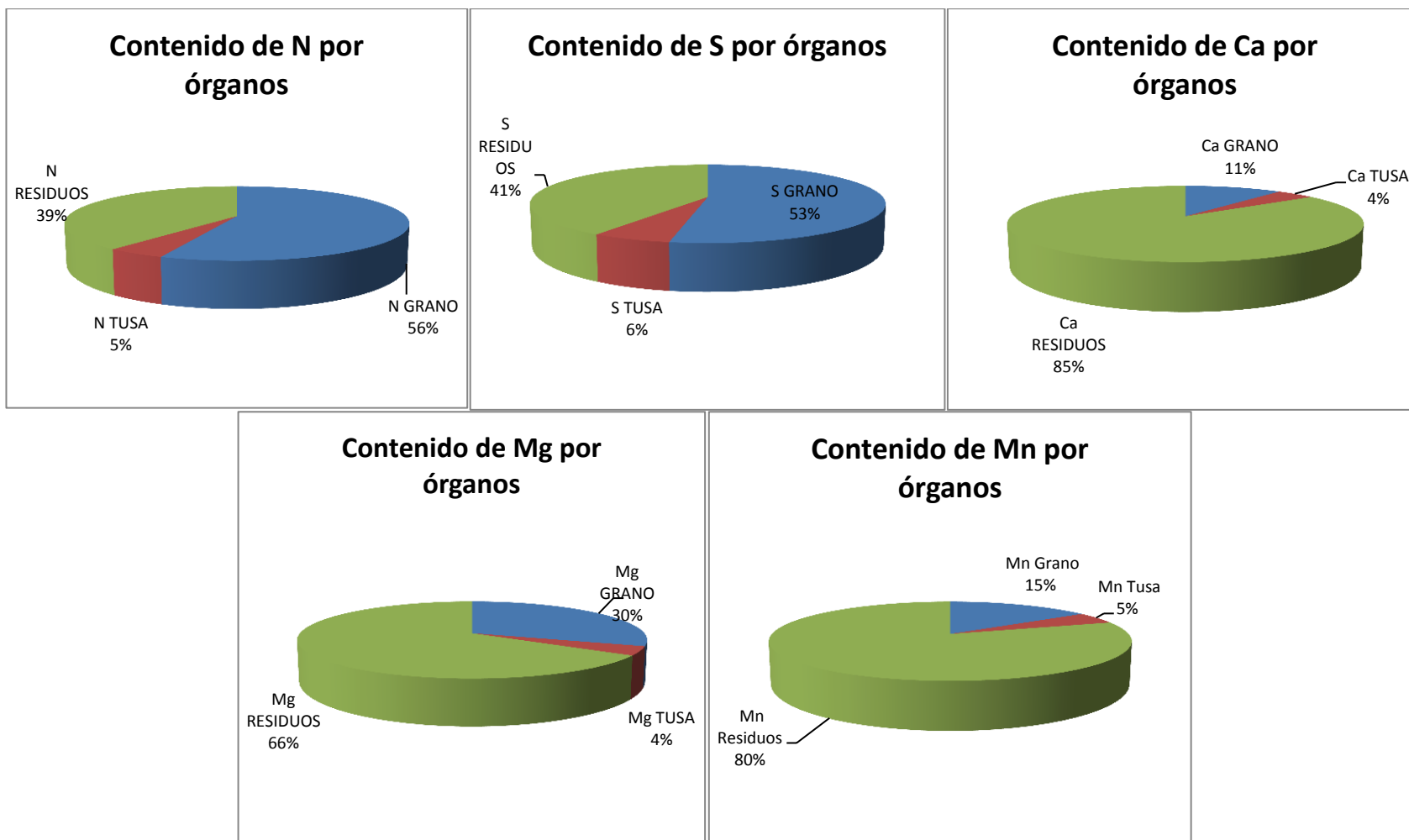
**Elaborado:** Chávez, V. 2015

## I. CONTENIDO DE MACRO Y MICRONUTRIENTES

El contenido de nutrientes por órganos en porcentaje, se presenta en gráfico 4, donde se observa que el N en el grano es de 56%, seguido por residuos 39% y en tusa 5%. Con respecto al S se observa un mayor porcentaje de S en grano con 53%, seguido por residuo con 41% y tusa con 6%. Demostrando los resultados que el N es el elemento de mayor acumulación en grano y residuo.

En Ca, Mg y Mn se observa la misma tendencia de acumulación mayoritaria en el residuo (85%, 66% y 79 % respectivamente), seguido la concentración en el grano (11%, 30% y 15% respectivamente) y menor en cantidad de estos nutrientes se observa en la tusa. Sin embargo, estos resultados evidencian también que el Ca es el elemento con translocación al grano más baja comparada con el resto de elementos indicados.

Los valores obtenidos concuerdan con Parra, R. (2010), quien menciona que el contenido de N en grano es de 51%, seguido de residuos con 47% y en tusa del 2%. El contenido de S en grano 45,4, seguido de residuos 52,2% y en tusa de 2,4%. Y el contenido de magnesio en grano es de 32%, residuos 66% y en tusa del 2%. Es importante considerar la distribución de nutrientes en la planta de maíz, para estimar la cantidad de nutrientes que salen del sistema de producción con la cosecha.



**Elaborado:** Chávez, V. 2015

**Gráfico 6.** Contenido de macro y micronutrientes por órganos de la planta (grano, tusa y residuos) en %, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014

## J. EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES

### 1. Extracción de macro y micronutrientes en grano

#### a. Análisis de varianza para extracción de macro y micronutrientes en grano

En el análisis de varianza, Cuadro 20, se observan diferencias altamente significativas para extracción de N, S, y Mn; y diferencias significativas para Ca y Mg.

Los promedios generales fueron de 67.04 kg/ha, 4.69 kg/ha y 21.42 g/ha; con coeficientes de variación de 17.85%, 16.62% y 18.44%, respectivamente; y diferencias significativas para Ca y Mg con promedios de 2.56 Kg/ha y 6.02 Kg/ha; con coeficientes de variación de 17.15 y 19.26. Los coeficientes de variación son aceptables para este tipo de variables.

**Cuadro 20.** ADEVA de extracción de macro y micronutrientes en grano, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

Fuentes de Variación	G L	Cuadrados Medios (Extracción de nutrientes en Grano)				
		N	S	Ca	Mg	Mn
TOTAL	35					
REPETICION	2	20,36   ns	0,41   ns	0,12   ns	0,46   ns	2,52   ns
TRATAMIENTO	11	768,44   **	3,06   **	0,49   *	4,25   *	76,72   **
ERROR	22	143,27	0,61	0,19	1,34	15,60
$\bar{X}$		<b>67,04</b>	<b>4,69</b>	<b>2,56</b>	<b>6,02</b>	<b>21,42</b>
C DE V (%)		<b>17,85</b>	<b>16,62</b>	<b>17,15</b>	<b>19,26</b>	<b>18,44</b>

Elaborado: Chávez, V. 2015     $\therefore$  \*\* = (<0,01),  $\therefore$  ns = (>0,05)

#### b. Prueba de Tukey al 5% para extracción de macro y micronutrientes en grano, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

En la prueba de Tukey al 5% para extracción de macro y micronutrientes en grano, (Cuadro 21), identificó cuatro rangos de significación para extracción de N; tres rangos para extracción de S, Mn y dos rangos para extracción de Ca y Mg.

Para extracción de N, el rango “a” fue alcanzado por el tratamiento con fertilización completa más manganeso (T10) con 90,93 Kg/ha, mientras que el rango “d” por el tratamiento testigo absoluto más calcio (T8) con 46,50Kg/ha. En extracción de S, el

rango “a” para el tratamiento con fertilización completa (T1) con 6.63 Kg/ha y el rango “c” para el tratamiento testigo absoluto más calcio (T8) con 3,33 Kg/ha.

En extracción de Ca, el rango “a” fue alcanzado por el tratamiento con fertilización completa (T1) con 3,47 Kg/ha y el rango “b” para el tratamiento testigo absoluto más calcio (T8) con 1,90 Kg/ha. Para extracción de Mg, el rango “a” fue alcanzado por el tratamiento con fertilización completa (T1) con 8,10 Kg/ha, el rango “b” para el tratamiento testigo absoluto más calcio (T8) con 4,40 Kg/ha.

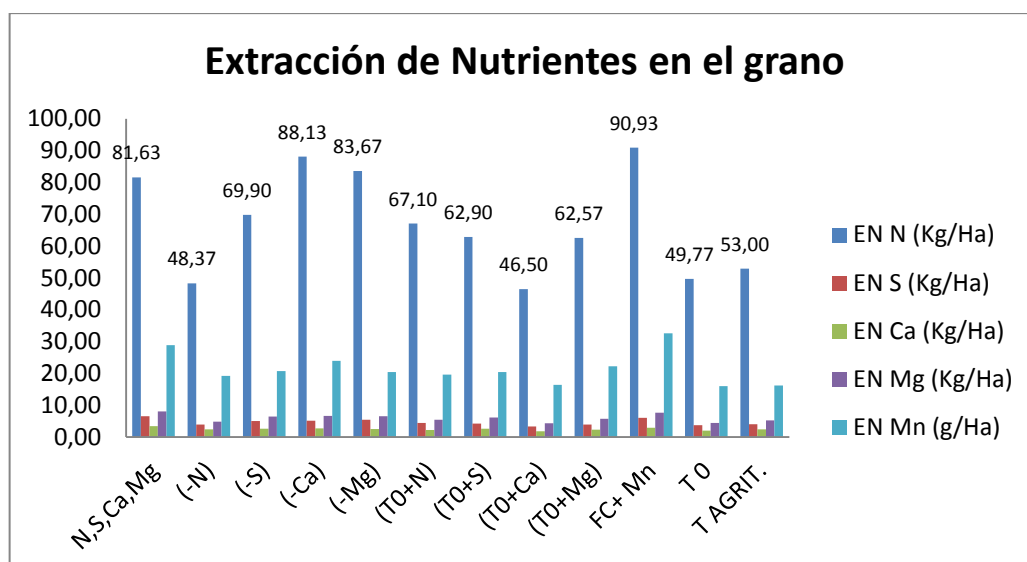
Para extracción de Mn, el rango “a” para el tratamiento con fertilización completa más manganeso (T10) con 32,67 g/ha y el rango “c” para el testigo absoluto (T11) con 16,03 g/ha.



**Cuadro 21.** Tukey al 5 % para extracción de macro y micronutrientes en grano, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE).  
Chazo, 2014.

FERTILIZACIÓN	SIGNIFICADO	EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES EN GRANO									
		N (Kg/Ha)		S (Kg/Ha)		Ca (Kg/Ha)		Mg (Kg/Ha)		Mn (g/Ha)	
<b>T1</b>	N,S,Ca,Mg	81,63	abcd	6,63	a	3,47	a	8,10	ab	28,90	ab
<b>T2</b>	(-N)	48,37	cd	3,93	bc	2,50	ab	4,87	ab	19,23	bc
<b>T3</b>	(-S)	69,90	abcd	5,10	abc	2,67	ab	6,50	ab	20,80	bc
<b>T4</b>	(-Ca)	88,13	ab	5,20	abc	2,73	ab	6,73	ab	24,00	abc
<b>T5</b>	(-Mg)	83,67	abc	5,43	abc	2,57	ab	6,60	ab	20,47	bc
<b>T6</b>	(T0+N)	67,10	abcd	4,47	abc	2,23	ab	5,53	ab	19,63	bc
<b>T7</b>	(T0+S)	62,90	abcd	4,23	bc	2,67	ab	6,17	ab	20,43	bc
<b>T8</b>	(T0+Ca)	46,50	d	3,33	c	1,90	b	4,40	b	16,43	c
<b>T9</b>	(T0+Mg)	62,57	abcd	4,00	bc	2,40	ab	5,80	ab	22,27	abc
<b>T10</b>	FC+ Mn	90,93	a	6,13	ab	3,00	ab	7,73	ab	32,67	a
<b>T11</b>	T 0	49,77	cd	3,77	c	2,10	b	4,50	b	16,03	c
<b>T12</b>	T AGRIT.	53,00	bcd	4,03	bc	2,50	ab	5,27	ab	16,20	c

**Elaborado:** Chávez, V. 2015



**Elaborado:** Chávez, V. 2015

**Gráfico 7.** Extracción de macro y micronutrientes en grano, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014

La fertilización influye en la extracción de nutrientes en el grano, al analizar el Cuadro 21, se puede establecer que la acumulación de nutrientes está ligada al rendimiento y MS del grano (Cuadro 18). Donde el rendimiento está en función de la fertilización con N y la fertilización foliar, lo que concuerda con INPOFOS (2002), quien expresa que gran parte del N, P y otros nutrientes se translocan desde las partes vegetativas de la planta hacia los granos que se están desarrollando al final del ciclo de crecimiento.

## **2. Extracción de macro y micronutrientes en tusa**

### **a. Análisis de varianza para extracción de macro y micronutrientes en tusa.**

En el análisis de varianza, Cuadro 22, se observan diferencias altamente significativas para extracción de N, S, y Mn; y diferencias significativas para Ca y Mg.

Los promedios generales fueron de 5.59 kg/ha, 0.55 kg/ha y 6.58 g/ha; con coeficientes de variación de 20.14%, 19.54% y 15.71%, respectivamente; y diferencias significativas para Ca y Mg con promedios de 1.01Kg/ha y 0.75 Kg/ha; con coeficientes de variación de 20,27% y 22.01%. Los coeficientes de variación son aceptables para este tipo de variables.

**Cuadro 22.** ADEVA de extracción de macro y micronutrientes en tusa, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

Fuentes de Variación	G L	Cuadrados Medios (Extracción de nutrientes en Tusa)					
		N	S	Ca	Mg	Mn	
TOTAL	35						
REPETICION	2	1,50 ns	0,01 ns	0,11 ns	0,02 ns	1,62 ns	
TRATAMIENTO	11	4,78 **	0,07 **	0,11 *	0,07 *	18,4	
ERROR	22	1,27	0,01	0,04	0,03	1,07	
<b>X̄</b>		<b>5,59</b>	<b>0,55</b>	<b>1,01</b>	<b>0,75</b>	<b>6,58</b>	
<b>C DE V (%)</b>		<b>20,14</b>	<b>19,54</b>	<b>20,27</b>	<b>22,01</b>	<b>15,71</b>	

Elaborado: Chávez, V. 2015 ∴ \*\* = (<0,01), ∴ ns = (>0,05)

**b. Prueba de Tukey al 5% para extracción de macro y micronutrientes en tusa, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.**

En la prueba de Tukey al 5% para extracción de macro y micronutrientes en tusa, (Cuadro 23), identificó seis rangos de significación para acumulación de Mn; cuatro rangos para acumulación de S; tres rangos para N; dos rangos para acumulación de Ca y un rango para acumulación de Mg.

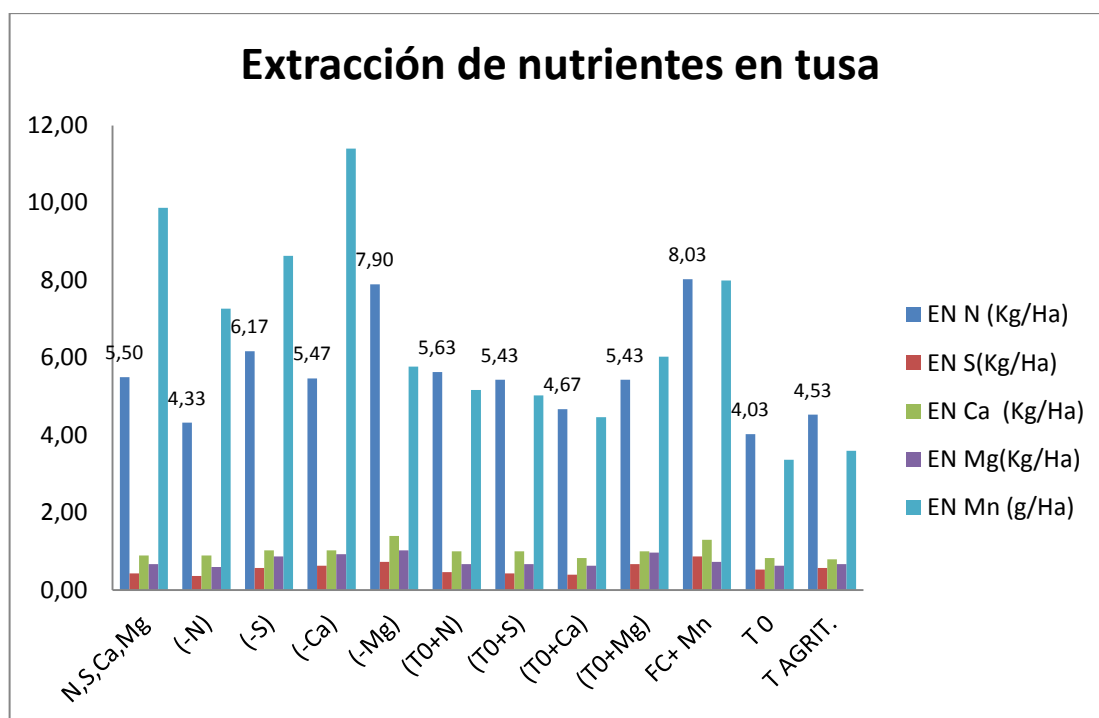
Para extracción de N, el rango “a” fue alcanzado por el tratamiento con fertilización completa más manganeso (T10) con 8.63 Kg/ha, mientras que el rango “c” por el testigo absoluto (T11) con 4.03 Kg/ha. En extracción de S, el rango “a” fue alcanzado por tratamiento con fertilización completa más manganeso (T10) con 0.87 Kg/ha y el rango “d” por el tratamiento con fertilización completa menos nitrógeno (T2) con 0.37 Kg/ha. En extracción de Ca, el rango “a” fue alcanzado por el tratamiento con fertilización completa menos magnesio (T5) con 1.40 Kg/ha y el rango “b” por es testigo del agricultor (T12) con 0.80 Kg/ha. Para extracción de Mg, el rango “a” fue alcanzado por el tratamiento con fertilización completa menos magnesio (T5) con 1.03 Kg/ha, el valor más bajo en este mismo rango “a” por el tratamiento con fertilización completa menos nitrógeno (T2) con 0.60 Kg/ha. En extracción de Mn, el rango “a” fue alcanzado por el tratamiento con fertilización completa menos Calcio T4 (- Ca) con 11.40 g/ha, y el rango “f” por el testigo del agricultor (T12) con 3,60 g/ha

Para extracción de Mn, el rango “a” fue alcanzado por tratamiento testigo del agricultor (T10) con 32,67 g/ha y el rango “c” por el testigo absoluto (T11) con 16,03 g/ha.

**Cuadro 23.** Tukey al 5 % para extracción de macro y micronutrientes en tusa, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE).  
Chazo, 2014.

FERTILIZACIÓN	SIGNIFICADO	EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES EN TUSA								
		N (Kg/Ha)		S (Kg/Ha)		Ca (Kg/Ha)		Mg (Kg/Ha)		Mn (g/Ha)
<b>T1</b>	N,S,Ca,Mg	5,50	abc	0,43	cd	0,90	ab	0,67	a	9,87 ab
<b>T2</b>	(-N)	4,33	c	0,37	d	0,90	ab	0,60	a	7,27 bcde
<b>T3</b>	(-S)	6,17	abc	0,57	bcd	1,03	ab	0,87	a	8,63 abc
<b>T4</b>	(-Ca)	5,47	abc	0,63	abcd	1,03	ab	0,93	a	11,40 a
<b>T5</b>	(-Mg)	7,90	ab	0,73	ab	1,40	a	1,03	a	5,77 cdef
<b>T6</b>	(T0+N)	5,63	abc	0,47	bcd	1,00	ab	0,67	a	5,17 def
<b>T7</b>	(T0+S)	5,43	abc	0,43	cd	1,00	ab	0,67	a	5,03 def
<b>T8</b>	(T0+Ca)	4,67	bc	0,40	cd	0,83	ab	0,63	a	4,47 ef
<b>T9</b>	(T0+Mg)	5,43	abc	0,67	abc	1,00	ab	0,97	a	6,03 cdef
<b>T10</b>	FC+ Mn	8,03	a	0,87	a	1,30	ab	0,73	a	8,00 bcd
<b>T11</b>	T 0	4,03	c	0,53	bcd	0,83	ab	0,63	a	3,37 f
<b>T12</b>	T AGRIT.	4,53	c	0,57	bcd	0,80	b	0,67	a	3,60 f

**Elaborado:** Chávez, V. 2015



Elaborado: Chávez, V. 2015

**Gráfico 8.** Extracción de macro y micronutrientes en tusa, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014

### 3. Extracción de macro y micronutrientes en residuos

#### a. **Análisis de varianza para extracción de macro y micronutrientes en residuos.**

En el análisis de varianza, Cuadro 22, se observan diferencias altamente significativas para extracción de N, S, Ca, Mg y Mn.

Los promedios generales fueron de 47.14 kg/ha, 3.62 kg/ha, 20.31 Kg/ha, 13.09 Kg/ha y 112,84 g/ha; con coeficientes de variación de 18.34%, 18.32%, 16.28%, 18.12% y 17.00%, respectivamente. Los coeficientes de variación son aceptables para este tipo de variables.

**Cuadro 24.** ADEVA de extracción de macro y micronutrientes en residuos, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

Fuentes de Variación	GL	Cuadrados Medios (Extracción de nutrientes en Residuos)									
		N		S		Ca		Mg		Mn	
TOTAL	35										
REPETICION	2	58,60	ns	0,30	ns	8,23	ns	1,47	ns	258,63	ns
TRATAMIENTO	11	824,1	**	2,63	**	68,72	**	43,72	**	6619,07	**
ERROR	22	74,74		0,44		10,94		5,63		367,86	
$\bar{X}$		<b>47,14</b>		<b>3,62</b>		<b>20,31</b>		<b>13,09</b>		<b>112,84</b>	
C DE V (%)		<b>18,34</b>		<b>18,32</b>		<b>16,28</b>		<b>18,12</b>		<b>17,00</b>	

Elaborado: Chávez, V. 2015     $\therefore$  \*\* = (<0,01),  $\therefore$  ns = (>0,05)

**b. Prueba de Tukey al 5% para extracción de macro y micronutrientes en residuos, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.**

En la prueba de Tukey al 5% para extracción de macro y micronutrientes en tusa, (Cuadro 25), identificó seis rangos de significación para extracción de N; cinco rangos para extracción de S; tres rangos para extracción de Mg y Mn y dos rangos para extracción de Ca,

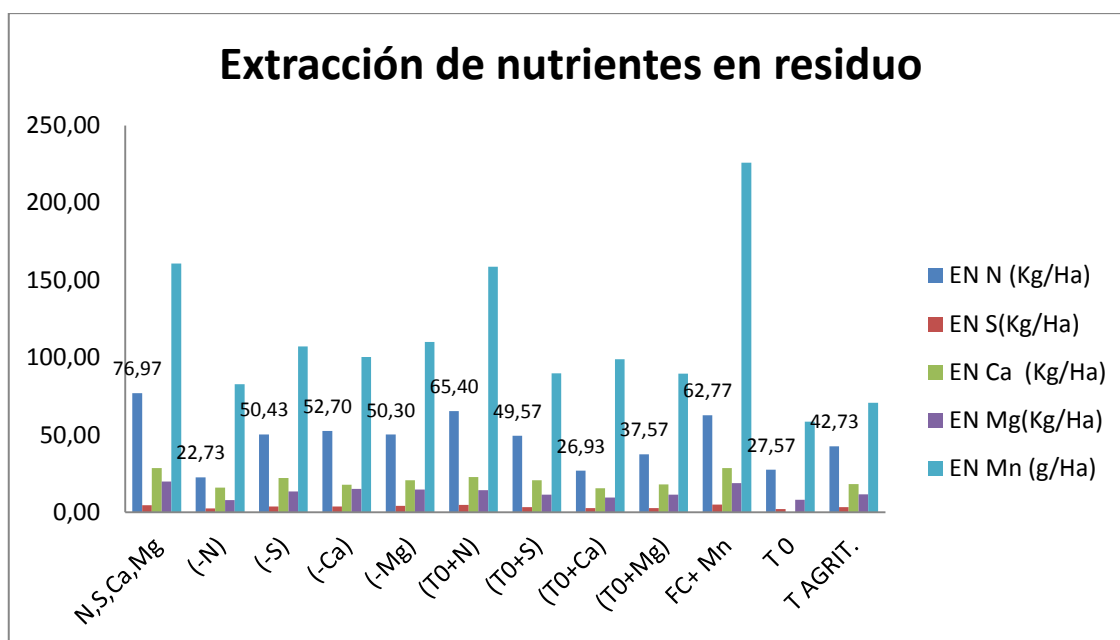
Para extracción de N, el rango “a” fue alcanzado por el tratamiento con fertilización completa (T1) con 76.97 Kg/ha, mientras que el rango “f” por en tratamiento con fertilización completa menos nitrógeno (T2) con 22.73 Kg/ha. En extracción de S, el rango “a” fue alcanzado por el tratamiento con fertilización completa más manganeso (T10) con 5.07 Kg/ha y el rango “e” por es testigo absoluto (T11) con 2.17 Kg/ha. En extracción de Ca, el rango “a” fue alcanzado por el tratamiento con fertilización completa (T1) con 28.73 Kg/ha y el rango “b” por es testigo absoluto (T11) con 13.63 Kg/ha. Para extracción de Mg, el rango “a” fue alcanzado por el tratamiento con fertilización completa (T1) con 20.03 Kg/ha, en el rango “b” por el tratamiento con fertilización completa menos nitrógeno (T2) con 8.03 Kg/ha.

En extracción de Mn, el rango “a” fue alcanzado por el tratamiento con fertilización completa más manganeso (T10) con 226.03 g/ha, y el rango “c” por el testigo absoluto (T11) con 58.62 g/ha

**Cuadro 25.** Tukey al 5 % para extracción de macro y micronutrientes en residuos, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

FERTILIZACIÓN	SIGNIFICADO	EXTRACCION DE NUTRIENTES EN RESIDUOS									
		N (Kg/Ha)		S (Kg/Ha)		Ca (Kg/Ha)		Mg (Kg/Ha)		Mn (g/Ha)	
<b>T1</b>	N,S,Ca,Mg	76,97	a	4,67	abc	28,73	a	20,03	a	160,87	b
<b>T2</b>	(-N)	22,73	f	2,50	de	16,07	b	8,03	c	82,90	c
<b>T3</b>	(-S)	50,43	bcde	3,73	abcde	22,13	ab	13,50	abc	107,27	bc
<b>T4</b>	(-Ca)	52,70	abcd	3,83	abcde	17,80	b	15,17	ab	100,43	c
<b>T5</b>	(-Mg)	50,30	bcde	4,17	abcd	20,83	ab	14,80	abc	110,13	bc
<b>T6</b>	(T0+N)	65,40	ab	4,83	ab	22,87	ab	14,27	abc	158,63	b
<b>T7</b>	(T0+S)	49,57	bcde	3,33	abcde	20,83	ab	11,57	bc	89,80	c
<b>T8</b>	(T0+Ca)	26,93	ef	2,83	cde	15,53	b	9,60	bc	98,93	c
<b>T9</b>	(T0+Mg)	37,57	cdef	2,87	bcde	18,07	b	11,47	bc	89,63	c
<b>T10</b>	FC+ Mn	62,77	abc	5,07	a	28,70	a	18,93	a	226,03	a
<b>T11</b>	T 0	27,57	def	2,17	e	13,,63	b	8,13	bc	58,67	c
<b>T12</b>	T AGRIT.	42,73	bcdef	3,43	abcde	18,40	b	11,70	bc	70,73	c

**Elaborado:** Chávez, V. 2015



**Gráfico 9.** Extracción de macro y micronutrientes en residuos, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014

#### 4. Extracción de macro y micronutrientes total

##### a. Análisis de varianza para extracción de macro y micronutrientes total

En el análisis de varianza, Cuadro 26, se observan diferencias altamente significativas para extracción de N, S, Ca, Mg y Mn.

Los promedios generales fueron de 119.78 kg/ha, 8.68 kg/ha, 23.88 Kg/ha, 19.87 Kg/ha y 140.83 g/ha; con coeficientes de variación de 15.19%, 14.24%, 15.09%, 15.67% y 15.01%, respectivamente. Los coeficientes de variación son aceptables para este tipo de variables.



**Cuadro 26.** ADEVA de extracción de macro y micronutrientes total, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

Fuentes de Variación	GL	Cuadrados Medios (Extracción de nutrientes total)					
		N	S	Ca	Mg	Mn	
TOTAL	35						
REPETICION	2	44,01 ns	1,44 ns	10,51 ns	2,96 ns	285,92 ns	
TRATAMIENTO	11	3017,46 **	11,07 **	81,42 **	75,02 **	8238,46 **	
ERROR	22	331,15	1,59	12,98	9,69	446,72	
<b>X̄</b>		<b>119,78</b>	<b>8,86</b>	<b>23,88</b>	<b>19,87</b>	<b>140,83</b>	
<b>C DE V (%)</b>		<b>15,19</b>	<b>14,24</b>	<b>15,09</b>	<b>15,67</b>	<b>15,01</b>	

Elaborado: Chávez, V. 2015. ∴ \*\* = (<0,01), ∴ ns = (>0,05)

**b. Prueba de Tukey al 5% para extracción de macro y micronutrientes en residuos, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.**

En la prueba de Tukey al 5% para extracción de macro y micronutrientes en tusa, (Cuadro 27), identificó cuatro rangos de significación para extracción de S, Mg y Mn; tres rangos para extracción de N y dos rangos para extracción de Ca.

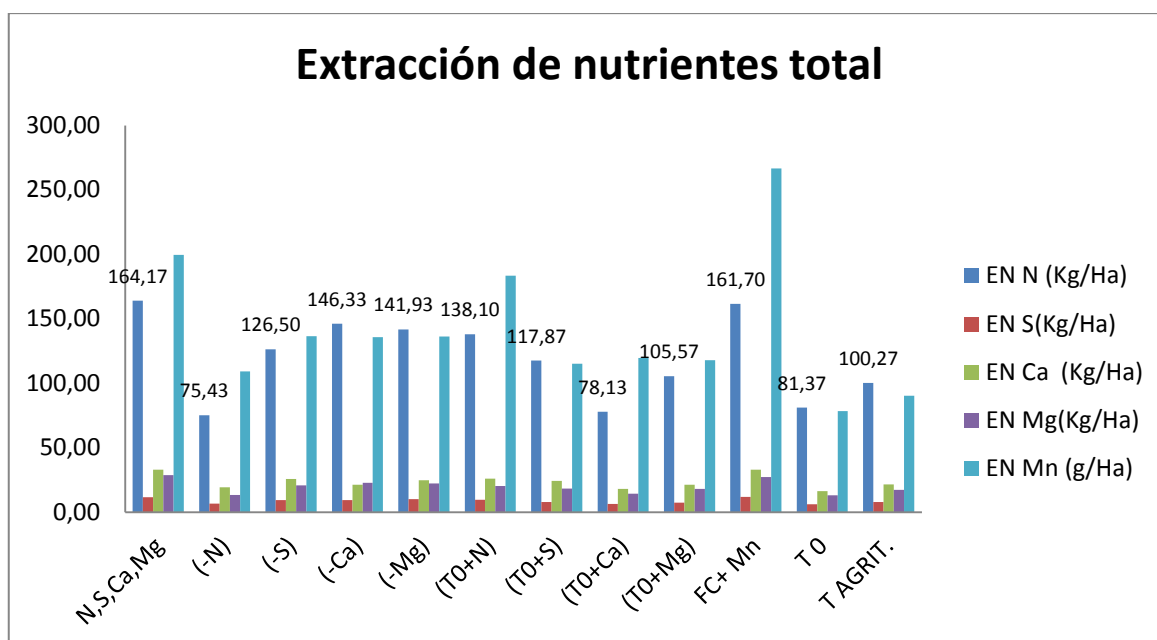
Para extracción de N, el rango “a” fue alcanzado por el tratamiento con fertilización completa (T1) con 164.17 Kg/ha, mientras que el rango “c” por el tratamiento con fertilización completa menos nitrógeno (T2) con 75.43 Kg/ha. En extracción de S, el rango “a” fue alcanzado por el tratamiento con fertilización completa más manganeso (T10) con 12.10 Kg/ha y el rango “d” por el testigo absoluto (T11) con 6.43 Kg/ha. En extracción de Ca, el rango “a” fue alcanzado por el tratamiento con fertilización completa (T1) con 33.13 Kg/ha y el rango “b” por el testigo absoluto (T11) con 16.60 Kg/ha. Para extracción de Mg, el rango “a” fue alcanzado por el tratamiento con fertilización completa (T1) con 28.80 Kg/ha, en el rango “d” por el testigo absoluto (T11) con 13.23 Kg/ha.

En extracción de Mn, el rango “a” fue alcanzado por el tratamiento con fertilización completa más manganeso (T10) con 266.67 g/ha, y el rango “c” por el testigo absoluto (T11) con 78.43 g/ha.

**Cuadro 27.** Tukey al 5 % para extracción de macro y micronutrientes total, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE).  
Chazo, 2014.

FERTILIZACIÓN SIGNIFICADO		EXTRACCION DE NUTRIENTES TOTAL									
		N (Kg/Ha)		S (Kg/Ha)		Ca (Kg/Ha)		Mg (Kg/Ha)		Mn (g/Ha)	
<b>T1</b>	N,S,Ca,Mg	164,17	a	11,67	ab	33,13	a	28,80	a	199,57	b
<b>T2</b>	(-N)	75,43	c	6,80	cd	19,47	b	13,47	d	109,33	d
<b>T3</b>	(-S)	126,50	abc	9,43	abcd	25,87	ab	20,90	abcd	136,70	cd
<b>T4</b>	(-Ca)	146,33	ab	9,67	abcd	21,53	b	22,83	abc	135,83	cd
<b>T5</b>	(-Mg)	141,93	ab	10,33	abc	24,83	ab	22,40	abcd	136,33	cd
<b>T6</b>	(T0+N)	138,10	ab	9,77	abcd	26,13	ab	20,47	abcd	183,53	bc
<b>T7</b>	(T0+S)	117,87	abc	8,03	bcd	24,43	ab	18,40	bcd	115,27	d
<b>T8</b>	(T0+Ca)	78,13	c	6,57	d	18,27	b	14,63	cd	119,80	d
<b>T9</b>	(T0+Mg)	105,57	bc	7,57	cd	21,47	b	18,23	bcd	117,93	d
<b>T10</b>	FC+ Mn	161,70	a	12,10	a	33,03	a	27,43	ab	266,67	a
<b>T11</b>	T 0	81,37	c	6,43	d	16,60	b	13,23	d	78,43	d
<b>T12</b>	T AGRIT.	100,27	bc	8,03	bcd	21,77	b	17,60	cd	90,57	d

**Elaborado:** Chávez, V. 2015



**Elaborado:** Chávez, V. 2015

**Gráfico 10.** Extracción de macro y micronutrientes total, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

Los resultados nos indican que la extracción de N, está de acuerdo a la disponibilidad de nutrientes que tenga la planta, lo que influye directamente en su extracción. Demostrándose que las más altas extracciones, se obtuvo con los tratamientos de fertilización completa (T1) y tratamientos de fertilización completa más manganeso con (T10) que relacionando con la extracción de nutrientes en grano, que la parte de la planta que mayor porcentaje de N absorbe, seguido residuos, con los siguientes promedios generales en grano 67.04 kg/ha; tusa 5, 59 kg/ha y residuos de 47.14 kg/ ha; dándonos un total de 119, 78 Kg/N.

Los datos obtenidos en nuestro ensayo concuerda con lo expresado por Milano (2007), quien dice que el nitrógeno es uno de los nutrimentos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas; ya que, procede de tres fuentes principales: las reservas orgánicas e inorgánicas del suelo; los fertilizantes minerales, los abonos orgánicos; y la fijación biológica del Nitrógeno que se encuentra en la atmósfera.

Parra R, (2010), señala que en forma general para todas las extracciones de N, P, K, S y Mg, se ve reflejado en la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, lo que a la vez hace que se tenga que aplicar cualquier fuente de nutrientes, sea esta química u orgánica, a fin de mantener la fertilidad del suelo.

## **K. ANÁLISIS ECONÓMICO**

El análisis económico (Cuadro 28), para cada tratamiento en estudio en esta investigación, se tomaron en cuenta los costos que varían como fueron los insumos de fertilización y la mano de obra utilizados en este cultivo en función de rendimiento, se observa que el mayor beneficio neto corresponde a la fertilización del testigo absoluto más nitrógeno (T6) neto \$ 6799.62, y el tratamiento con el beneficio neto más bajo es el tratamiento con fertilización completa menos nitrógeno (T2), con un beneficio neto \$ 2 980.22.

**Cuadro 28.** Análisis económico de Presupuesto Parcial (AEPP), en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

<b>VARIABLES</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>											
<b>Rendimiento (Kg/ha)</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>	<b>T11</b>	<b>T12</b>
Maíz al 14% de humedad	4490	2560	4470	4270	4330	4320	3120	2780	3120	4540	2520	3520
Rendimiento ajustado al 10 %	4041,0 0	2304,0 0	4023,0 0	3843,0 0	3897,0 0	3888,0 0	2808,0 0	2502,0 0	2808,0 0	4086,0 0	2268,0 0	3168,0 0
Costo Kg	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Beneficio Bruto (\$/ha)</b>	<b>8082,00</b>	<b>4608,00</b>	<b>8046,00</b>	<b>7686,00</b>	<b>7794,00</b>	<b>7776,00</b>	<b>5616,00</b>	<b>5004,00</b>	<b>5616,00</b>	<b>8172,00</b>	<b>4536,00</b>	<b>6336,00</b>
<b>Costos que Varian (\$/ha)</b>												
<b>Fertilizantes</b>												
Urea	151,38	0	151,38	151,38	151,38	151,38	0	0	0	151,38	0	151,38
Azufre micronizado	20,88	20,88	0	20,88	20,88	0	20,88	0	0	20,88	0	20,88
Mainstay Ca	800	800	800	0	800	0	0	800	0	800	0	800
Magnesil	77,4	77,4	77,4	77,4	0	0	0	0	77,4	77,4	0	77,4
Kelatex Mn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
18- 46-0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54,00
<b>Costos Directos</b>												
Mano de Obra	825	729	825	825	825	825	729	729	729	825	300	729
<b>Total de Costos que Varían (\$/ha)</b>	<b>1874,66</b>	<b>1627,28</b>	<b>1853,78</b>	<b>1074,66</b>	<b>1797,26</b>	<b>976,38</b>	<b>749,88</b>	<b>1529</b>	<b>806,4</b>	<b>1879,66</b>	<b>300</b>	<b>1832,66</b>
<b>BENEFICIO NETO (\$/ha)</b>	<b>6207,34</b>	<b>2980,72</b>	<b>6192,22</b>	<b>6611,34</b>	<b>5996,74</b>	<b>6799,62</b>	<b>4866,12</b>	<b>3475,00</b>	<b>4809,60</b>	<b>6292,34</b>	<b>4236,00</b>	<b>4503,34</b>

Elaborado: Chávez, V. 2015

Para el análisis de dominancia (Cuadro 29), se ordenó los tratamientos en orden ascendente de acuerdo a los costos que varían. Indicando que estos tratamientos son dominados porque aumentan los costos que varían y al mismo tiempo disminuyen sus beneficios netos, haciéndolos más propensos a ser dominados.

**Cuadro 29.** Análisis de dominancia, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>BENEFICIO NETO</b>	<b>COSTOS QUE VARIAN</b>	<b>DOMINANCIA</b>
<b>T11</b>	<b>4236,00</b>	<b>366,00</b>	<b>ND</b>
<b>T7</b>	<b>4866,12</b>	<b>794,88</b>	<b>ND</b>
T9	4809,60	851,40	D
<b>T6</b>	<b>6799,62</b>	<b>1113,98</b>	<b>ND</b>
T4	6611,34	1212,26	D
T8	3475,00	1574,00	D
T2	2980,72	1860,88	D
T12	4503,34	1877,66	D
T5	5996,74	1934,86	D
T3	6192,22	1991,38	D
T1	6207,34	2108,26	D
T10	6292,34	2113,26	D

**Elaborado:** Chávez, V. 2015

En el Cuadro 28, se observa que el T6 (+ N) presentó mayor beneficio neto con un valor de 6 799.62 USD/ha; mientras que el menor beneficio neto se presentó en T11 (Testigo absoluto) con 4 236.00 USD/ha.

Este fue el mejor tratamiento, determinándose que la producción obtenida por este tratamiento justifico el costo del fertilizante empleado. Además el análisis determina que los tratamientos con las fuentes de fertilizante nos permite obtener mayores costos que varían y el rendimiento no es lo suficientemente alto para obtener un mayor beneficio neto.

La tasa de Retorno Marginal (TRM) Cuadro 30, señalo que el T6 (+N), obtuvo USD 1 113.98USD de costos que varían y USD 6799.62 de beneficio neto, dando una tasa de

retorno marginal de 605.92%, lo que quiere decir que el agricultor invierte un dólar invertido y obtiene USD 6. 06 adicionales al dólar que invirtió.

**Cuadro 30.** Análisis de Tasa de Retorno Marginal, en el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

<b>Tratamiento</b>	<b>Beneficio Neto</b>	<b>B. N. Marginales</b>	<b>Costos que varían</b>	<b>C.V. MARGINALES</b>	<b>TMR (%)</b>
<b>T11</b>	4236,00		366,00		
		630,12		428,88	146,92
<b>T7</b>	4866,12		794,88		
		1933,50		319,10	605,92
<b>T6</b>	6799,62		1113,98		

**Elaborado:** Chávez, V. 2015

## **VI. CONCLUSIONES**

- a.** Con el MNSE se incrementó la producción en un 24% correspondiente a la fertilización completa más manganeso (T10) con 4.54 t/ha, en comparación con el Testigo Agricultor (T12) que obtuvo un rendimiento de 3.52 t/ha y la fertilización del testigo absoluto más nitrógeno (T6) con 4.32 t/ha.
- b.** El nitrógeno fue el elemento más importante en la nutrición del cultivo de maíz, seguido del azufre, efecto que se reflejó en el rendimiento, en la materia seca y en la extracción de nutrientes. Y el manganeso incrementó el rendimiento en grano.
- c.** En esta investigación, mediante el análisis económico se determinó, que la aportación de nitrógeno al testigo absoluto se obtiene un beneficio neto de 6 799.62 \$/ha, mientras que con la aportación de una fertilización completa más manganeso (T10) el beneficio neto es de 6 292,34 \$/ha, lo que nos indica que obtenemos un mejor beneficio neto al fertilizar solo con nitrógeno debido a que existe en el suelo los elementos nutritivos que necesita el cultivo; lo mismo sucede al comparar con el testigo del agricultor (T12) tiene un beneficio neto menor de 4 503,34 \$/ha. Y según la tasa de retorno marginal, el agricultor al adicionar solo nitrógeno (T6) en el cultivo recupera su dólar invertido y recibe adicionalmente USD 6.06



## **VII. RECOMENDACIONES**

- a.** Continuar con el trabajo de investigación sobre manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz en la localidad San José de Chazo, para ajustar dinámicamente el déficit de nutrientes en base al requerimiento y el aporte del suelo, para de esta manera brindar a los agricultores tecnologías que incrementen sus rendimientos.
- b.** Utilizar la tabla de colores IRRI, para la fertilización química con N, por ser el elemento más importante en la nutrición del cultivo de maíz y por su fácil manejo e interpretación en el campo.

## **VIII. RESUMEN**

Esta investigación usa validar la metodología de manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la parroquia San José de Chazo, provincia de Chimborazo, durante el periodo 2013-2014 con la finalidad de incrementar la producción y la rentabilidad de este cultivo. Para el análisis de variables se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con doce tratamientos; se realizó el análisis de varianza y prueba de Tukey al 5%. Las variables agronómicas analizadas fueron el porcentaje de emergencia, altura de planta, altura de inserción de la mazorca, cuantificación de la clorofila y color de hojas, población de plantas, materia seca, rendimiento en grano, contenido de macro y micro nutrientes, y la extracción de nutrientes. Los resultados obtenidos indican un porcentaje de emergencia de esta variedad local fue del 87,44%, con un contenido de materia seca en grano 4,57 t/ha, se obtuvo un rendimiento de 4.54 t/ha alcanzado por la fertilización completa más manganeso (T10) en comparación al testigo del agricultor (T12) cuyo rendimiento fue de 3.52 tn/ha y al testigo absoluto (T11) cuyo rendimiento fue de 2.52 t/ha. El mayor beneficio neto presentó en testigo absoluto más calcio (T6) con 6799.62 \$/ha. Demostrando que el nitrógeno fue el elemento más importante en la nutrición del cultivo de maíz, seguido del magnesio, calcio y azufre. El Mn fue un micro elemento de relevancia ya que este nutriente incrementó el rendimiento en grano. El aumento en rendimiento por hectárea se traduce en un mayor benéfico económico para el agricultor de esta zona.



## **IX. SUMMARY**

This research aims: to validate the methodology of managing site-specific nutrient on the maize cultivation (*Zea mays* L.), in San José de Chazo parish, Chimborazo province, during 2013-2014. The purpose is to increasing the production and profitability of farmers. For the analysis of variables was used a complete block design at random. Twelve treatment is the product of the interaction of factors V x F (Variety x Fertilization). It was performed the analysis of variance and Tukey test to 5%. Agronomic variables were the percentage of emergence, plant height, height of insertion of the cob, quantification of chlorophyll and leaf color, plant population, dry matter, grain yield, content of macro and micro nutrients, and nutrient extraction. The results obtained indicate an emergency percentage of 87,44%, with an organic content of 10,09 kg/ha. It was obtained a performance of 4.54 t/ha reached to T10 (FC + Mn) compared to T12 (witness farmer) whose yield was 3.52 tn/ha. It was obtained a greater net benefit T6 (T0 + N) with 6799.62 \$/ha. The nitrogen was the most important element in the nutrition of maize cultivation, followed by magnesium, calcium and sulfur. The Mn was a relevant micro element and that this nutrient increases grain yield. The increase in yield per hectare results in greater economic benefit to farmers of this area.



## **X. BIBLIOGRAFIA**

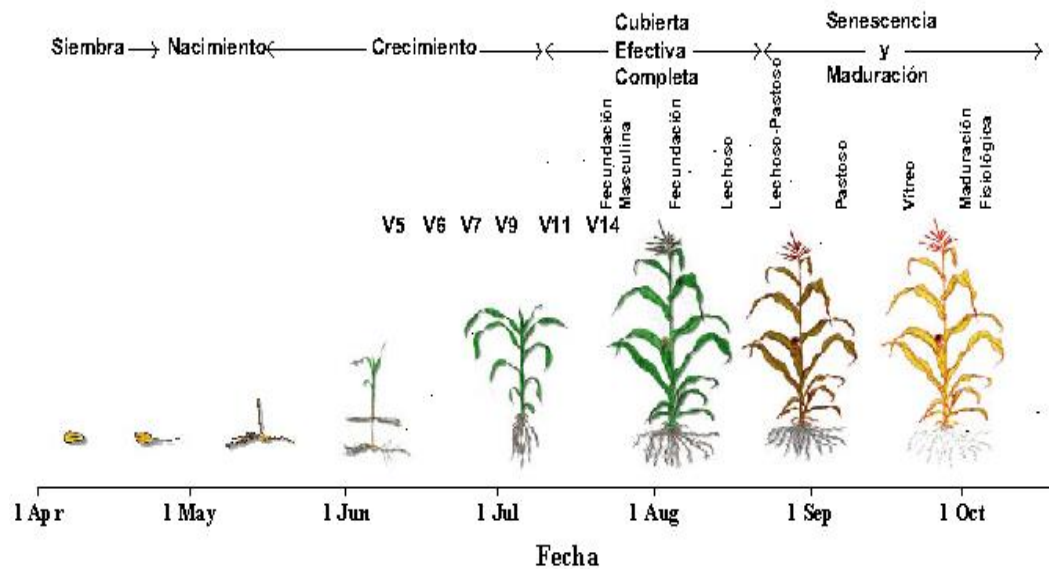
1. Alvarado, S., Jaramillo, R., Valverde, F., & Parra, R. (2011). Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación para la provincia de Bolívar. Quito. Quito, Ecuador: INIAP Boletín Técnico, 150.
2. Arcos, F. (2004). Nutrición mineral de las plantas. Pag. 34-100
3. Azcón, J & Tailon, M (1993). Guía técnica para la producción de maíz (Segunda Edición ed.). Mundi Prensa.
4. Basantes, E. (2010). Producción y fisiología de cultivos con énfasis en la fertilidad del suelo. . Quito, Ecuador: Sistemas Gráficos.
5. Brouder, S. M. (1999). Aplicación por sitio - específica en investigación de fertilidad ... de tierra y desarrollo de información para tecnologías de tasa variable. En actas de la información, Conferencia de agricultura. Universidad Purdue, p 321.
6. Caballero, D & Yanez; C. ( 2012). Producción, manejo y uso sostenible de cultivares tradicionales de maíz de la Sierra Ecuatoriana. 2014, de <http://www.infoagro.com>.
7. Caviedes. (1998). Determinación de la ganancia genética obtenida a través del mejoramiento, en las poblaciones del maíz (zea mays L.). Ecuador.
8. CIMMYT, (1988). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. México D.F, México.
9. Dávila, T. (2008). Manejo y evaluación de nutrientes por sitio específico y densidades de siembra en maíz INIAP-111 (Zea mays L) en dos dominios de recomendación en la provincia Bolívar. Guaranda, Ecuador.

10. Dobermann, A., & Fairhurst, T. (2000). Arroz: Desordenes nutricionales y manejo de nutrientes.
11. Espinosa, J. (1995). Manejo de nutrientes en la productividad de maíz. Informaciones agronómicas.
12. Fairhurst, T. & Witt (2002). Guía Práctica para el manejo de nutrientes. España.
13. Galarza, N. (1996). Cultivos de la sierra. Quito, Ecuador.
14. Garcés, C. (1999). Cultivos de la sierra. Quito, Ecuador.
15. Guacho, E. (2014). Caracterización agro-morfológica del maíz (*Zea mays* L.) de la localidad San José de Chazo. Riobamba - Ecuador. Grupo semillas. 2012. “El Maíz en el Ecuador”. Disponible en: [www.ecuadorxporta.org/htm/index.htm](http://www.ecuadorxporta.org/htm/index.htm). Consultado el 17/08/2012
16. Holdridge. (1987). Triángulo de las zonas de vida. Recuperado el 30 de 08 de 2014, de [www.virtual.unal.edu.co](http://www.virtual.unal.edu.co)
17. INEC (2012). Visualizador de estadísticas agropecuarias del Ecuador. Recuperado el 30 de enero de 2015, de <http://157.100.43.205/lcds-samples/testdriveremoteobject/main.html#app=44e4&a24-selectedIndex=>
18. INFOAGRO. (2012). El cultivo del maíz. Recuperado el 15 de 09 de 2013, de [www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.asp](http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.asp)
19. INIAP. (2011). Boletín técnico N°150 “Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación para la provincia de Bolívar. Programa de Maíz. EESC. Quito-Ecuador.
20. INTA. (2012). Fenología del maíz. Recuperado el 30 de 08 de 2014, de <http://riap.inta.gov.ar>.

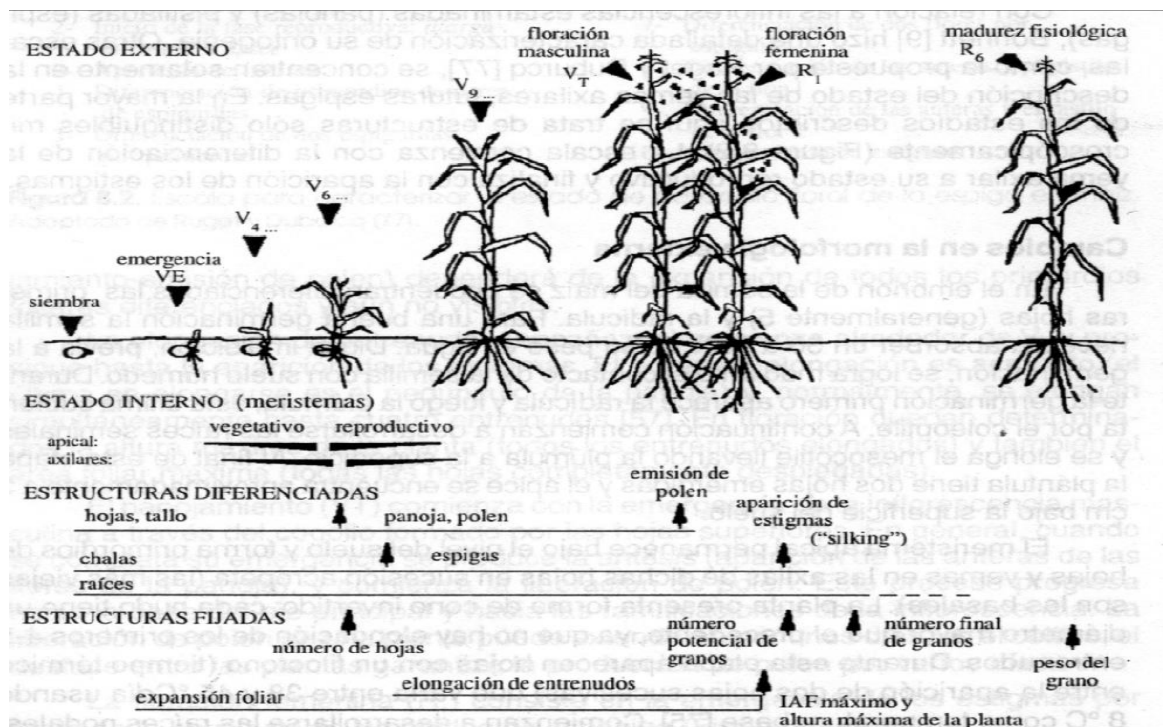
21. López, A (1995). Cultivo de maíz. Manejo de nutrientes. Barcelona-España
22. Manual Agropecuario. 2001. "Cultivo de maíz". 3ra Edición. Editorial Idea Books. Barcelona-España. 471-476 pp.
23. Maroto, J. (1998). Horticultura herbácea especial (4ta Edición ed.). Madrid-España: Mundi Prensa.
24. Martínez, A & TICO (1997). Fertilizantes agrícolas. Barcelona, Acribia.
25. Milano, E. (2007). Qué son los Biofertilizantes y cómo nos pueden beneficiar. Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras. Publicación gratuita. Gobierno Bolivariano de Venezuela.
26. Parra, R. F. (2010). Manejo de nutrientes por sitio específico con labranza mínima: Experiencias en generación de recomendaciones de fertilización en maíz (*Zea mays* L), provincia de Bolívar. Memorias del XII Congreso.
27. Producción Agropecuaria (1995). Cultivo de maíz (3ra Edición ed.). Barcelona-España.: Idea Books.
28. Rodríguez, R. &. De Leon (2008). El Cultivo del maíz. Temas selectos. México: Mundi-Prensa.
29. Soto, M. (1992). Guía técnica para la producción de maíz en Honduras. . Omonita, Honduras.
30. Torregrosa, F. (1997). Esquema de mejoramiento de maíz en la Sierra Ecuatoriana. Quito, INIAP.
31. Yáñez, C. 2002. Manual de producción de maíz para pequeños agricultores FAO, INAMHI, MAG. Quito, Ecuador.

## XI. ANEXOS

### ANEXO 1. Ciclo Vegetativo del maíz



### ANEXO 2. Fases fenológicas del maíz

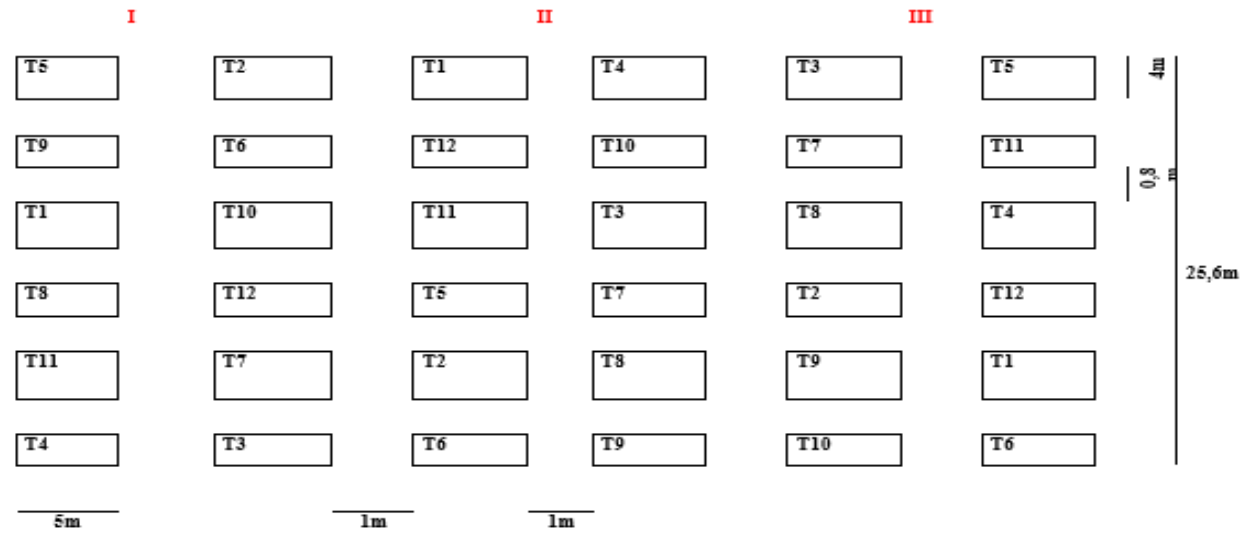


### ANEXO 3. Plano del ensayo: Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de Maíz

Localidad: ESPOCH - Chazo- Guano - Chimborazo

Actividad: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_



**E. Total=** 896 m<sup>2</sup> (35 x 25,6m)

**P. Total=** 20 m<sup>2</sup> (5x4m) 5 surcos

**E. Neto=** 720 m<sup>2</sup> (36 parcelas de 20 m<sup>2</sup>)

**P. Neta=** 9,6 m<sup>2</sup> (4x2,4m) 3 surcos



**ANEXO 4. Tratamientos de Fertilización en kg/ha (MNSE)**

No.	Nutrientes	N*	S	Ca	Mg	Mn	
T1	N S Ca Mg	120	30	40	40		F.C.
T2	(-) S Ca Mg	0	30	40	40		OMISION
T3	N (-) Ca Mg	120	0	40	40		
T4	N S (-) Mg	120	30	0	40		
T5	N S Ca (-)	120	30	40	0		
T6	T0 + N	120	0	0	0		ADICION
T7	T0 + S	0	30	0	0		
T8	T0 + Ca	0	0	40	0		
T9	T0 + Mg	0	0	0	40		
T10	N S Ca Mg + (Mn)	120	30	40	40	Mn	FOLIARES
T11	T. Absoluto	0	0	0	0		T0
T12	T. Agricultor (18-46-0)						
<input type="checkbox"/> N*= Se fraccionara en TRES aplicaciones de 30-30 y 40 kg/ha: (1ra.) A la siembra; (2da. de 35 a 40) y (3ra.) de 70 días después de la siembra. A excepción del T2 y T11 (- N) <input type="checkbox"/> T12= Se realizara como fertiliza el agricultor <input type="checkbox"/> La fertilización foliar: Al estadio de V12 a V13 se realizara 3 aplicaciones con intervalo de 10 a 15 días. (Fuente quelato de este elemento)							

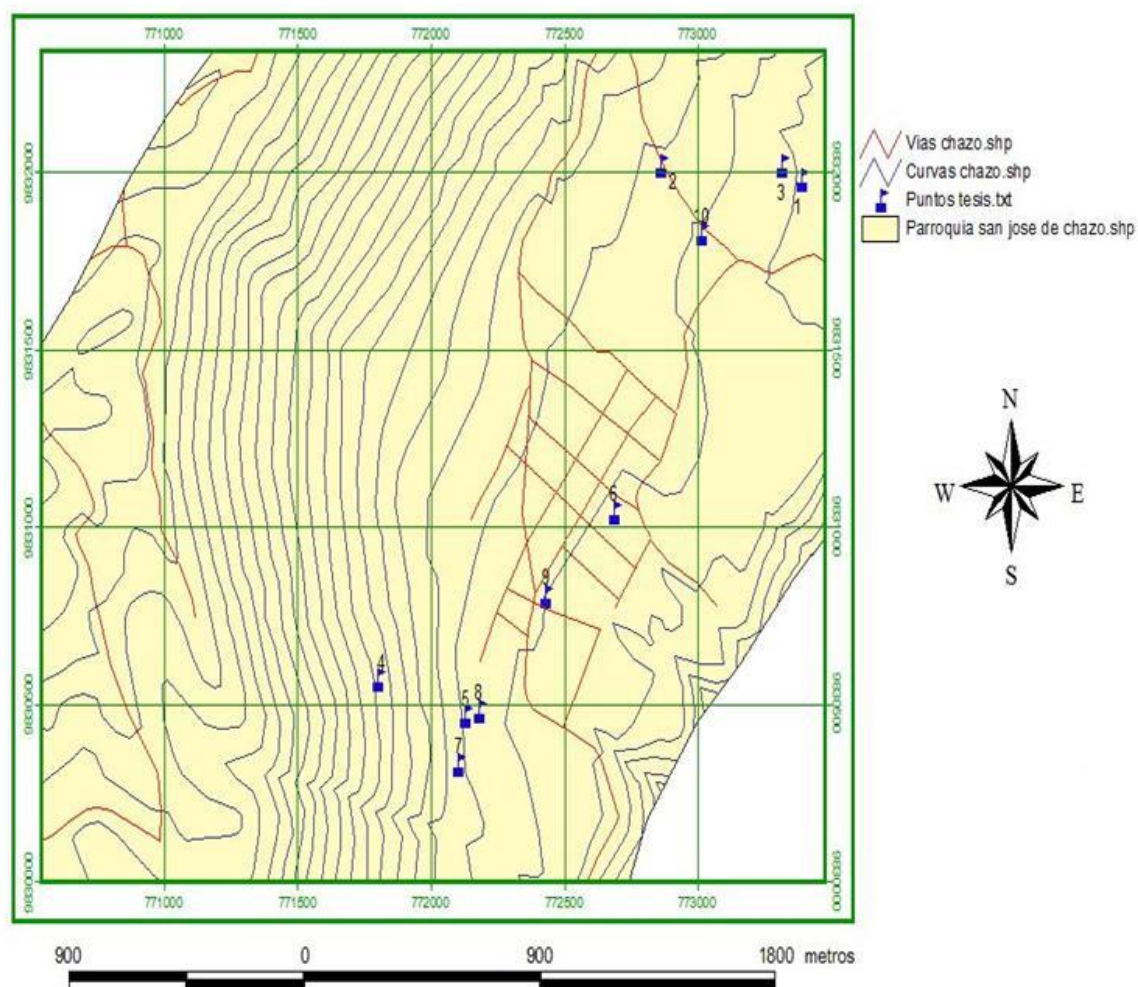


**ANEXO 5.** Cantidad de fertilizantes para el ensayo de MNSE

	<b>Tratamientos</b>			<b>N</b>	<b>S</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Mn</b>
<b>No.</b>	<b>Nutrientes</b>	<b>Omisión</b>	<b>Adición</b>	<b>kg/ha</b>		<b>l/ha</b>	<b>kg/ha</b>	<b>(kg o l)/aplicación foliar/ha</b>
1	N S Ca Mg			120	30	40	40	0
2	(-) S Ca Mg	-N		0	30	40	40	0
3	N (-) Ca Mg	-s		120	0	40	40	0
4	N S (-) Mg	-Ca		120	30	0	40	0
5	N S Ca (-)	-Mg		120	30	40	0	0
6	T0 + N		+N	120	0	0	0	0
7	T0 + S		+S	0	30	0	0	0
8	T0 + Ca		+Ca	0	0	40	0	0
9	T0 + Mg		+Mg	0	0	0	40	0
10	N S Ca Mg + (Mn)			120	30	40	40	0,3
11	T. Absoluto			0	0	0	0	0
12	T. Agricultor (18-46-0)	18 – 46 – 0						

Tres aplicaciones foliares para Mn.

**ANEXO 6.** Locación del ensayo de Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014

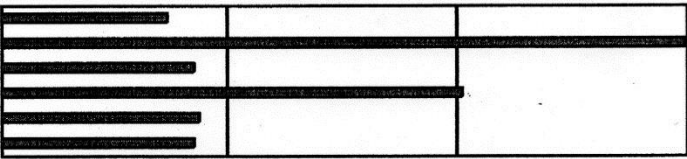
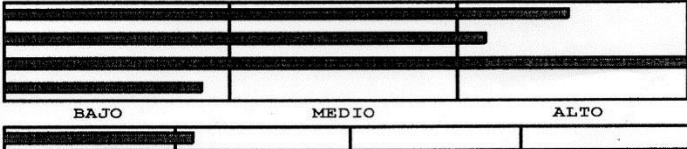
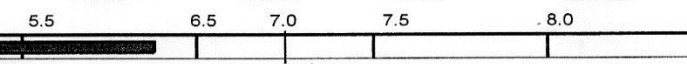
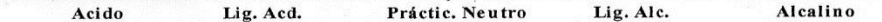

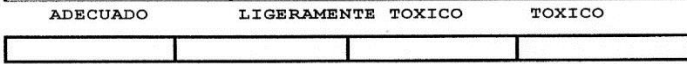
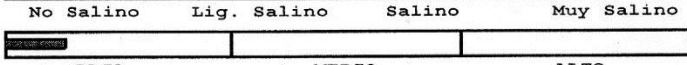
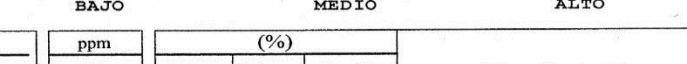


**ANEXO 7. Análisis químico del suelo de la localidad de estudio. Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.**

 <b>INIAP</b> INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS	<b>ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"</b> <b>LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS</b> Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693	
--	---	---

**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : MANUEL LEMA Dirección : CHIMBORAZO Ciudad : Teléfono : Fax :	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Nombre : N/I Provincia : CHIMBORAZO Cantón : GUANO Parroquia : SAN JOSÉ DEL CHAZO Ubicación :
<b>DATOS DEL LOTE</b> Cultivo Actual : MAÍZ Cultivo Anterior : MAÍZ Fertilización Ant. : Superficie : Identificación : LOTE 1	<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b> N° Reporte : 3.375 N° Muestra Lab. : 46364 Fecha de Muestreo : 17/09/2013 Fecha de Ingreso : 18/09/2013 Fecha de Salida : 01/10/2013

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION				
N	22.00	ppm					
P	147.00	ppm					
S	8.50	ppm					
K	0.41	meq/100 ml					
Ca	3.50	meq/100 ml					
Mg	0.85	meq/100 ml					
Zn	10.40	ppm					
Cu	4.50	ppm					
Fe	80.00	ppm					
Mn	4.40	ppm					
B	1.10	ppm					
pH	6.26						
Acidez Int. (Al+H)	meq/100 ml						
Al	meq/100 ml						
Na	meq/100 ml						
CE	mmhos/cm						
MO	0.80	%					

Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(%)		
Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla
4,1	2,1	10,6	4,8					

\_\_\_\_\_  
RESPONSABLE LABORATORIO

\_\_\_\_\_  
LABORATORISTA

**ANEXO 8.** Datos de altura de planta, índice de verdor y concentración de clorofila de la planta de maíz en las etapas fenológicas correspondientes. Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

ETAPA FENOLOGICA															
Tra.	Rep.	V3			V6			V7			VT			Altura cosecha	Mazorca cosecha
		Clorofila	Color	Altura	Clorofila	Color	Altura	Clorofila	Color	Altura	Clorofila	Color	Altura		
1	1	39,0	2,9	26,40	32,4	3,1	113,00	46,8	3,9	127,40	57,6	4,8	140,00	160,00	58,00
1	2	37,5	3,0	30,00	32,4	3,4	91,00	47,7	3,6	102,20	54,0	4,8	140,00	139,00	56,00
1	3	37,9	3,0	36,80	35,6	3,1	97,00	67,5	3,9	114,00	61,1	4,1	142,00	164,00	72,00
2	1	21,7	3,1	27,80	32,2	2,6	78,00	29,7	2,8	104,40	15,1	2,4	138,00	137,00	60,00
2	2	23,0	2,8	25,80	26,5	2,9	93,00	28,8	3,0	101,20	34,9	2,2	133,00	137,00	58,00
2	3	23,6	2,6	27,80	25,8	2,5	77,00	20,3	2,9	105,60	14,9	2,2	125,00	147,00	56,00
3	1	35,0	3,0	28,80	25,9	3,0	94,00	47,3	3,6	103,00	23,5	3,6	139,00	155,00	56,00
3	2	35,0	3,2	28,80	36,3	3,1	94,00	47,3	3,6	103,00	36,4	4,7	135,00	142,00	56,00
3	3	36,7	3,1	33,20	24,6	3,3	102,00	53,3	3,8	109,00	45,9	4,8	130,00	130,00	72,00
4	1	29,4	3,5	29,00	25,2	3,5	94,00	43,3	3,8	104,00	48,1	2,4	130,00	146,00	62,00
4	2	37,8	3,4	32,40	18,5	3,3	105,00	41,0	3,9	114,00	53,3	2,7	142,00	167,00	56,00
4	3	32,0	3,3	28,40	24,8	3,4	71,00	45,7	3,6	80,00	36,9	2,1	130,00	147,00	64,00
5	1	30,4	3,2	28,20	27,2	3,1	102,00	54,5	3,6	105,00	57,2	4,6	136,00	151,00	62,00
5	2	27,9	3,4	26,60	24,8	3,3	99,00	52,9	3,5	106,00	41,3	3,8	128,00	148,00	56,00
5	3	30,4	2,5	32,80	27,0	2,8	93,00	42,5	3,7	102,00	39,7	3,6	121,00	137,00	58,00
6	1	36,4	2,5	25,40	26,4	3,3	109,00	48,4	3,7	117,00	34,1	3,1	130,00	147,00	54,00
6	2	34,5	3,5	29,20	32,1	3,3	93,00	45,9	3,6	101,00	33,0	2,9	118,00	114,00	52,00
6	3	36,4	3,4	36,00	35,8	3,4	91,00	52,3	3,8	99,00	49,9	2,8	120,00	128,00	57,00
7	1	23,5	2,8	27,80	23,0	3,0	88,00	26,3	2,6	96,00	28,9	2,8	124,00	140,00	48,00
7	2	26,8	3,3	25,80	32,9	3,1	96,00	45,9	3,6	102,00	24,5	2,3	131,00	146,00	54,00
7	3	20,3	2,8	28,60	30,4	2,7	86,00	18,4	2,1	94,00	21,4	2,1	120,00	149,00	45,00

<b>8</b>	<b>1</b>	23,2	3,4	23,20	32,0	2,9	95,00	34,6	3,2	102,00	21,2	2,2	132,00	138,00	54,00
<b>8</b>	<b>2</b>	31,4	3,0	30,60	23,0	3,1	89,00	23,5	2,6	98,00	36,2	2,3	131,00	141,00	60,00
<b>8</b>	<b>3</b>	15,8	2,4	31,20	31,5	2,3	81,00	22,1	2,5	92,00	16,6	2,0	110,00	128,00	40,00
<b>9</b>	<b>1</b>	25,6	2,7	27,00	23,0	3,0	92,00	30,3	2,7	98,00	26,5	2,0	129,00	139,00	60,00
<b>9</b>	<b>2</b>	30,6	3,5	31,00	38,5	3,2	90,00	31,8	3,0	96,00	22,9	2,1	117,00	130,00	51,00
<b>9</b>	<b>3</b>	16,5	3,2	32,20	24,3	2,5	92,00	25,7	2,5	101,00	18,9	2,0	121,00	136,00	56,00
<b>10</b>	<b>1</b>	40,3	2,9	28,60	42,6	3,4	107,00	54,6	3,7	112,00	55,3	4,2	131,00	150,00	60,00
<b>10</b>	<b>2</b>	31,8	2,5	30,20	32,1	3,1	95,00	48,9	3,7	106,00	55,3	4,7	132,00	150,00	60,00
<b>10</b>	<b>3</b>	36,1	3,4	35,20	33,5	3,4	97,00	50,4	3,9	108,00	47,2	3,6	141,00	163,00	68,00
<b>11</b>	<b>1</b>	21,2	3,0	28,60	31,6	2,7	102,00	41,5	3,5	110,00	25,4	2,4	123,00	134,60	38,00
<b>11</b>	<b>2</b>	25,6	3,0	28,40	33,7	3,1	89,00	36,3	3,3	98,00	14,7	2,0	126,00	139,00	48,00
<b>11</b>	<b>3</b>	27,2	2,8	33,00	35,0	3,0	89,00	37,5	3,5	97,00	34,8	2,2	123,00	118,00	66,00
<b>12</b>	<b>1</b>	26,1	3,2	28,20	38,8	3,4	91,00	43,9	3,5	99,00	20,6	2,1	127,00	138,00	64,00
<b>12</b>	<b>2</b>	28,0	2,1	29,00	42,8	3,4	81,00	41,8	3,6	95,00	26,2	2,5	127,00	131,00	58,00
<b>12</b>	<b>3</b>	29,0	2,3	30,20	31,7	3,5	104,00	44,1	3,6	109,00	33,9	3,0	136,00	150,00	64,00

**ANEXO 9.** Análisis químico de órganos (Grano, tusa y residuos) de la planta de maíz. Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo, 2014.

Tra.	Rep.	Análisis de nutrientes														
		Grano					Tusa					Residuos				
		N	Ca	Mg	S	Mn	N	Ca	Mg	S	Mn	N	Ca	Mg	S	Mn
		%	%	%	%	ppm	%	%	%	%	ppm	%	%	%	%	ppm
<b>1</b>	<b>1</b>	1,42	0,06	0,14	0,12	5,0	0,64	0,11	0,07	0,04	11,2	1,24	0,51	0,36	0,08	26,9
<b>1</b>	<b>2</b>	1,42	0,06	0,13	0,12	4,9	0,59	0,11	0,08	0,05	11,3	1,33	0,48	0,33	0,08	28,4
<b>1</b>	<b>3</b>	1,41	0,06	0,15	0,11	5,1	0,66	0,10	0,08	0,05	11,3	1,42	0,50	0,35	0,08	27,7
<b>2</b>	<b>1</b>	1,49	0,07	0,14	0,11	5,4	0,52	0,11	0,08	0,04	8,8	0,66	0,49	0,24	0,08	25,3
<b>2</b>	<b>2</b>	1,24	0,07	0,13	0,11	5,1	0,51	0,10	0,06	0,05	8,6	0,66	0,53	0,25	0,07	27,7
<b>2</b>	<b>3</b>	1,37	0,07	0,14	0,11	5,7	0,52	0,11	0,07	0,05	8,4	0,76	0,45	0,25	0,08	22,8
<b>3</b>	<b>1</b>	1,43	0,06	0,14	0,11	4,3	0,50	0,09	0,08	0,05	7,1	1,03	0,48	0,28	0,08	23,1
<b>3</b>	<b>2</b>	1,38	0,06	0,13	0,11	4,0	0,52	0,09	0,08	0,05	7,7	1,06	0,49	0,30	0,08	24,3
<b>3</b>	<b>3</b>	1,48	0,05	0,13	0,10	4,5	0,55	0,09	0,07	0,05	7,3	1,15	0,46	0,29	0,08	21,8
<b>4</b>	<b>1</b>	1,71	0,05	0,11	0,10	4,5	0,41	0,09	0,06	0,05	8,4	1,19	0,40	0,35	0,09	22,9
<b>4</b>	<b>2</b>	1,54	0,05	0,13	0,10	4,2	0,45	0,07	0,08	0,05	9,0	1,21	0,41	0,34	0,09	22,5
<b>4</b>	<b>3</b>	1,65	0,05	0,13	0,09	4,7	0,43	0,08	0,09	0,05	9,6	1,19	0,41	0,35	0,08	23,2
<b>5</b>	<b>1</b>	1,63	0,05	0,12	0,10	4,0	0,56	0,10	0,07	0,05	4,0	1,09	0,45	0,32	0,09	23,1
<b>5</b>	<b>2</b>	1,64	0,05	0,14	0,11	4,0	0,56	0,10	0,07	0,05	4,0	1,08	0,46	0,32	0,09	24,6
<b>5</b>	<b>3</b>	1,64	0,05	0,13	0,11	4,0	0,52	0,10	0,07	0,05	4,0	1,09	0,44	0,32	0,09	23,9

<b>6</b>	<b>1</b>	1,53	0,05	0,11	0,10	4,5	0,48	0,09	0,05	0,04	4,5	1,17	0,43	0,26	0,09	29,5
<b>6</b>	<b>2</b>	1,46	0,05	0,13	0,10	4,4	0,47	0,08	0,05	0,04	4,4	1,21	0,42	0,25	0,09	29,4
<b>6</b>	<b>3</b>	1,53	0,05	0,13	0,10	4,3	0,48	0,09	0,07	0,04	4,3	1,25	0,43	0,28	0,09	29,5
<b>7</b>	<b>1</b>	1,38	0,06	0,14	0,10	4,7	0,49	0,09	0,06	0,04	4,7	1,18	0,50	0,29	0,08	20,8
<b>7</b>	<b>2</b>	1,44	0,06	0,14	0,09	4,8	0,51	0,09	0,06	0,04	4,8	1,23	0,49	0,25	0,08	22,4
<b>7</b>	<b>3</b>	1,46	0,06	0,14	0,10	4,5	0,52	0,09	0,07	0,04	4,5	1,13	0,50	0,29	0,08	20,8
<b>8</b>	<b>1</b>	1,36	0,06	0,12	0,10	4,5	0,47	0,09	0,07	0,04	4,5	0,68	0,40	0,27	0,08	26,3
<b>8</b>	<b>2</b>	1,42	0,06	0,14	0,10	5,2	0,51	0,10	0,08	0,05	5,2	0,85	0,43	0,26	0,08	27,9
<b>8</b>	<b>3</b>	1,30	0,05	0,13	0,09	4,9	0,54	0,08	0,06	0,05	4,9	0,68	0,46	0,25	0,07	27,1
<b>9</b>	<b>1</b>	1,47	0,06	0,14	0,10	5,9	0,50	0,09	0,09	0,06	5,9	0,87	0,46	0,28	0,07	22,1
<b>9</b>	<b>2</b>	1,62	0,06	0,15	0,10	5,2	0,47	0,09	0,10	0,06	5,2	0,99	0,43	0,28	0,07	21,3
<b>9</b>	<b>3</b>	1,55	0,06	0,14	0,10	5,6	0,52	0,09	0,08	0,06	5,6	0,85	0,45	0,28	0,07	22,8
<b>10</b>	<b>1</b>	1,52	0,05	0,13	0,10	5,6	0,52	0,09	0,05	0,06	5,6	1,03	0,49	0,32	0,08	37,2
<b>10</b>	<b>2</b>	1,45	0,05	0,13	0,11	5,3	0,55	0,09	0,05	0,06	5,3	1,06	0,48	0,32	0,09	37,8
<b>10</b>	<b>3</b>	1,59	0,05	0,13	0,10	5,5	0,57	0,09	0,05	0,06	5,5	1,06	0,47	0,31	0,09	38,4
<b>11</b>	<b>1</b>	1,38	0,06	0,12	0,10	4,5	0,49	0,10	0,06	0,06	4,5	0,87	0,43	0,29	0,07	19,2
<b>11</b>	<b>2</b>	1,41	0,06	0,13	0,11	4,5	0,50	0,10	0,07	0,06	4,5	0,92	0,49	0,26	0,08	20,2
<b>11</b>	<b>3</b>	1,40	0,06	0,13	0,11	4,5	0,47	0,10	0,08	0,06	4,5	0,98	0,46	0,26	0,07	19,7
<b>12</b>	<b>1</b>	1,31	0,06	0,12	0,10	3,8	0,48	0,09	0,08	0,06	3,8	1,06	0,46	0,29	0,08	17,4
<b>12</b>	<b>2</b>	1,13	0,06	0,13	0,09	3,9	0,44	0,09	0,07	0,06	3,9	1,03	0,47	0,29	0,09	18,8
<b>12</b>	<b>3</b>	1,38	0,06	0,13	0,10	3,9	0,55	0,09	0,06	0,06	3,9	1,10	0,44	0,29	0,09	16,0

E



**ANEXO 10.** Fotos de la investigación. Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE). Chazo,2014.



Delimitación de parcelas



Aplicación de fertilizante químico dosificado en la línea de siembra



Emergencia del maíz



Aplicación de insecticida para gusano trozador.





Etapa Fenológica V3



Aplicación de N complementario



Aporque del cultivo



Identificación del Ensayo





Etapa Fenológica VT



Identificación de Tratamientos



Etapa Fenológica R3



Presencia de Ceniza Volcánica



Visita de Campo



Altura de Inserción de la Mazorca



Cosecha, Mazorcas por parcela neta



Peso fresco de grano





Humedad del grano (%)



Sub-muestra fresca de grano



Peso materia fresca grano,  
tusa y residuos



Secado de grano, tusa, residuos  
en la estufa a 60°C